

13

О том, что будет после точки сингулярности

С. В. Цирель

В статье рассматриваются возможности и методы прогноза будущего. Высказывается утверждение, что прогноз состоит из двух этапов – угадывание основного содержания будущей эпохи и сам прогноз. Рассматриваются проблемы сингулярностей во всемирной истории, предшествующих им логопериодических колебаний, предложено объяснение их возникновения. Делается прогноз относительно перспектив политических и технико-экономических процессов на ближайшие 30–50 лет. Рассматриваются проблемы соперничества США и Китая, роботизации, ресурсного обеспечения. Особое внимание уделено проблеме генетического вмешательства в природу человека.

Ключевые слова: прогноз, предсказание, экспертиза, историцизм, сингулярность, логопериодические колебания, Китай, США, ВВП, ресурсы, роботы, евгеника, единство вида *Homo sapiens*.

1. Введение. О возможностях прогноза

Проблема возможности или невозможности прогноза будущего издавна волновала всех мыслящих людей. В эпоху всеобщей веры в Бога главной проблемой была свобода воли человека, по мере секуляризации общественного сознания центр тяжести смещается к вопросу существования или несуществования законов истории, дающих возможность сделать прогноз. Современному человеку, особенно человеку свободомыслящему и причастному к научному сообществу, очень трудно сделать выбор из двух альтернатив. С одной стороны, ему хочется иметь свободу воли, пусть даже ограниченную не только физическими законами, но и некоторыми социальными закономерностями, однако свобода должна быть настолько велика, чтобы исторический прогноз был невозможен. Наиболее последовательно эта точка зрения приведена в книге К. Поппера *Нищета историцизма* (Поппер 1993). С другой стороны, человеку науки чужда мысль о том, что какая-то сторона действительности, вернее, не какая-то, а само будущее человечества, находится за пределами научного анализа.

Синергетика или нелинейная наука впервые дала принципиальную возможность отвечать на этот вопрос в согласии с обеими установками. С. П. Курдюмов и Е. Н. Князева писали (Князева, Курдюмов 2000):

Будущее открыто и не единственно, но оно не является произвольным. Существует ограниченный набор возможностей будущего развития; для всякой сложной системы существует дискретный спектр структур-аттракторов ее эволюции. Этот спектр определяется исключительно ее собственными свойствами. В нелинейных ситуациях нестабильности и ветвления эволюционных путей человек играет решающую роль в выборе наиболее благоприятной – и в то же время осуществимой в данной среде – будущей структуры, одной из спектра возможных структур-аттракторов. Из-за неизбежных элементов хаоса, флуктуаций, наличия странных аттракторов имеются определенные границы нашего проникновения в будущее, существует горизонт нашего видения будущего. В то же время синергетический подход позволяет нам видеть реальные черты будущей организации, анализируя сегодняшние пространственные конфигурации сложных структур, возникающих в определенного типа быстрых эволюционных режимах.

Более того, синергетика впервые продемонстрировала математический аппарат, с помощью которого получают структуры, качественно сходные с наблюдаемыми историческими и социальными процессами. Сходство между решениями нелинейных уравнений и наблюдавшимися в истории (и наблюдаемыми ныне) процессами отмечали многие авторы. Однако при этом синергетика не дала явных средств для приложения своего аппарата к гуманитарным дисциплинам. И попытки непосредственного приложения нелинейной науки к социальным проблемам, несмотря на наличие заметных успехов, сразу сталкиваются с множеством проблем. Прежде всего мы очень плохо умеем представлять качественные гуманитарные понятия как математические объекты, и даже кое-как производя эту операцию, очень трудно добиться такой точности оценок, чтобы уравнения имели прогностическую ценность. Далее неясно, как совместить принципиально различные и во многом противоречащие друг другу, но в равной мере общепринятые трактовки изучаемых процессов.

Фактически в настоящее время примеры успешного математического описания социальных и исторических явлений в основном ограничиваются редкими случаями, когда характеристики процессов можно описывать обычными числами с приемлемой точностью, причем среди них преобладают частные локальные явления. К числу немногочисленных успешных примеров математического описания важных исторических явлений главным образом относятся демографические величины. В первую очередь это гиперболический рост населения Земли (см. ниже), впервые отмеченный Х. фон Фёрстером (Foerster *et al.* 1960), и теория демографических циклов, восходящая еще к трудам Т. Мальтуса (Мальтус 1993) и получившая в XX в. развитие и подтверждение на обширном историческом материале. Ее дальнейшим развитием явилось соединение мальтузианского подхода со структурно-демографической теорией Дж. Голдстоуна (Goldstone 1991), представленное в работах П. Турчина и С. Нефедова (Turchin 2003; Нефе-

дов 2007) и других «клиодинамических» авторов. Однако и те и другие достижения математической истории фактически относятся к анализу прошлого, но не к прогнозу будущего. Гиперболический рост суммарного народонаселения Земли прекратился в 60-е гг. XX в., а сам Мальтус предложил свою теорию именно в тот момент, когда описанные им процессы переставали действовать в европейских странах. В западных странах, Японии, Корее и России главные демографические проблемы ныне состоят не в стремительном росте, а наоборот, в сокращении и старении населения.

Существует немало попыток продлить эти уравнения в будущее (см., например: Коротаяев, Комарова, Халтурина 2007; Коротаяев, Малков, Халтурина 2007). Однако все попытки, даже кажущиеся нам весьма правдоподобными, непременно включают в себя не обсуждаемые, но отнюдь не бесспорные предпосылки – более или менее благополучное развитие человечества, обязательная стабилизация народонаселения Земли, снижение рождаемости с ростом женской эмансипации и т. д. То есть при конкретизации уравнений часто уничтожается самая привлекательная сторона синергетического подхода – возможность альтернативных вариантов будущего.

Таким образом, роль нелинейной науки в прогнозе будущего в основном выразилась не в конкретных успехах, а в моральной поддержке историков и футурологов. Можно сказать, что математики подбадривают последних: «Решения, которые вы ищете, наверняка существуют, надо установить определяющие параметры, написать уравнения, их связывающие, задать начальные и граничные условия (или построить нейронную сеть, клеточный автомат и др. – мы даже примерно представляем их вид), и вы получите то, к чему стремились».

Поэтому мы одновременно и ушли от противоречия, о котором говорилось в начале статьи, и остались на том же месте. Исходная двойственность позиции, предшествующая анализу вопроса, легко улавливается в самом названии футурологических семинаров и конференций, где наука фигурирует в одном списке с проектами, надеждами или мечтами. Дополнительную проблему вносит мнимая, не учитывающая «стрелу времени» симметрия между будущим и прошлым, между историей и футурологией. История в общепринятом понимании – это наука о том, что было с людьми, соответственно прогноз в истории – это рассказ о том, что с нами будет, иначе говоря, предсказание, принципиально отличающееся от классического научного прогноза о том, как дальше будет развиваться процесс, характеризующийся какими-либо конкретными параметрами. Вполне очевидно, что строго обоснованные предсказания невозможны, хотя в конечном счете именно их ждут от ученых.

Я не буду перечислять многочисленные препятствия для более или менее конкретного прогнозирования, сформулированные Поппером

(см. подробный разбор в: Розов 1995). Фактически самые лучшие прогнозы превращаются в набор сценариев, причем вероятности тех или иных сценариев, как правило, не просчитываются, а назначаются. При этом, как показывает опыт, футурологи обычно ошибались не только с выбором основного сценария, но зачастую и с перечнем сценариев. Практически все основные мотивы наиболее распространенных прогнозов – ускоренное освоение космоса, нехватка ресурсов, мировое лидерство Японии, перенаселение Земли, искусственный интеллект, ядерная война, либеральный «конец истории» и т. д. – либо не оказали столь большого влияния на ход истории, либо вовсе не сбылись в предполагаемые сроки. Вроде бы более правдоподобным оказалось хантингтоновское столкновение цивилизаций, особенно в период после 11 сентября 2001 г. (Хантингтон 2003), но ныне и этот прогноз оспаривается все чаще и чаще.

В то же время существует множество прогнозов, сделанных людьми, не имеющими отношения к науке, но оказавшихся весьма точными. В истории России самым ярким примером такого рода является прогноз П. Н. Дурново (1922), угадавшего в 1914 г. не только Февральскую, но и Октябрьскую революцию¹. К сожалению, мы не можем определить причины точности таких прогнозов. Можно долго и бесплодно спорить о том, обладали ли их авторы незаурядной интуицией, пользовались ли особо точными неформальными методами анализа или это просто результат везения, так как из целого ряда разумных прогнозов хотя бы один (может быть, и не самый лучший по качеству анализа ситуации) с большой долей вероятности должен был сбыться.

Из научных прогнозов (точнее, прогнозов с детально описанной методологией) наибольшее впечатление производят прогноз К. Маркса о социалистической революции (Marx, Engels 1848) и противоположный по смыслу прогноз Р. Коллинза о распаде СССР (Collins 1986; Коллинз 2000). К сожалению, именно описание методологии делает эти прогнозы менее яркими, чем предсказания публицистов и астрологов, ибо обстоятельства распада СССР и особенно социалистической революции в России существенно расходились со схемами этих замечательных социологов. Однако все же есть одно полуисключение из правила – это уже начавшиеся катастрофические процессы, имеющие явные механизмы положительной обратной связи. Такие прогнозы тоже не обязательно сбываются, но они играют роль предостережений, важных для предотвращения катастроф.

А теперь спустимся с философских высот и подойдем к вопросу о прогнозировании будущего с более прикладных позиций. Тогда нам будет легко заметить явное сходство между прогнозом и экспертизой,

¹ Хотя в настоящее время высказываются предположения, что опубликованный текст предсказания Дурново был в той или иной мере подправлен после предсказанных в нем событий.

а если задачу сформулировать не как сакраментальный вопрос «что будет завтра?», а в более скромной форме построения сценария (группы сценариев), то есть «что будет завтра, если мы сегодня сделаем то и то-то?», то отличие станет совсем малым. На темы формализованных и неформализованных методов экспертизы за последние годы написано немало трудов, среди которых встречаются глубокие исследования и ценные разработки. Тем не менее не буду приводить ни единого примера, ибо другие российские ученые и публицисты не менее убедительно доказывают, что экспертиза в России, влачившая жалкое существование в советское время, в последние годы окончательно развалилась в силу бедности, коррумпированности или идеологической зашоренности российских экспертов. В принципе оба взгляда на экспертизу не столь противоположны друг другу, чтобы не могли сосуществовать параллельно, но согласитесь, что на фоне высказываний носителей второй точки зрения теоретические достижения и особенно практические претензии первых выглядят не лучшим образом.

Мы не будем разбирать их споры, а обратим внимание на то, что и те и другие почти не занимались элементарным, на первый взгляд, вопросом: каким образом следует приступить к проведению экспертизы? Скептики, естественно, указывали (к их чести, как правило, не ставя себя в пример), что эксперт должен отвлечься от своих предрассудков, идеологических установок (как будто это возможно!) и личных корыстных интересов. Энтузиасты, наоборот, как правило, брали быка за рога, писали что-нибудь вроде «основную роль в данном вопросе играют значения следующих величин... обозначим их...» или «рассмотрим систему уравнений (1), где...». При этом в подобных работах, как правило, нельзя найти методики, объясняющие нам, почему надо рассматривать именно эти переменные, почему нужно было решать эту систему уравнений, а не другую, почему вообще надо было решать систему уравнений, а не проводить, к слову, факторный анализ, и в целом полезен ли какой-либо математико-статистический аппарат для решения поставленной задачи.

Но хватит критики и иронии. Теперь я сам, подражая коллегам, возьму быка за рога и, опираясь на изложенные выше весьма нестрогие аргументы, скажу, что **начальный этап экспертизы, составляющий не менее 50 % всей экспертизы, заключается в определении, к какой области знаний относится этот вопрос и соответственно какими методами его надо решать.** Может показаться, что я говорю о нахождении основной тенденции, определяющей будущее. Разумеется, во многих случаях таким образом дело и обстоит, но в принципе речь идет о большем – необходимо определить, какие методы, из какой области знания более всего подходят для решения проблемы (снижая пафос утверждения, отмечу, что завтра эти методы могут измениться).

Чтобы пояснить свою мысль, приведу любопытный, хотя и неоспорный пример. В конце 1980-х гг. в России (а в мире и в более раннее время) возник огромный интерес к феномену ощущений в состоянии клинической смерти, к различным рассуждениям об отделении души от тела, туннелям, ведущим в иной мир, и другим темам книги Р. Моуди «Жизнь после жизни» (1990). Немало людей поверило и продолжает верить сегодня в эти построения, базирующиеся на множестве свидетельств людей, прошедших через клиническую смерть. Сам Моуди как добросовестный исследователь рассматривает самые разнообразные объяснения, в том числе сверхъестественные (религиозные), психологические и естественнонаучные (фармакологические, физиологические и неврологические и т. д.). Однако нерелигиозные версии оказываются неполными или противоречивыми, и религиозное толкование выходит на первое место. Замечательный российский историк А. Я. Гуревич (1990) в своей небольшой популярной статье «“Жизнь после жизни”, или Нечто о современности и средневековье» сопоставляет видения наших современников в предсмертном состоянии с видениями средневековых людей, которым тоже (хотя существенно реже, чем ныне) случалось возвращаться из состояния клинической смерти. Он находит совсем иную картину: средневековые люди видели то, что им полагалось видеть в соответствии с их верой – Страшный суд, рай, ад, Деву Марию и т. д. И их слова, в том числе предсмертный бред, включавший ответы на Страшном суде, были такими же свидетельствами совсем иной картины ухода в иной мир, как и наблюдения докторов Р. Моуди, Э. Кюблер-Росс (2001) и других в наши дни. А. Гуревич пишет (1990: 61): «Люди боятся смерти, и они видят блаженный потусторонний мир, в котором смерти нет. Недаром они возвращаются из этого парадиза более смелыми и не страшась небытия. Страх современного человека перед смертью столь велик и всепоглощающ, а привычка к удобствам и удовольствиям вещной цивилизации столь сильна, что приводит к полному пересозданию самого образа мира иного: в нем нет уже ни суда, ни наказания, ни, соответственно, ада или чистилища. В перспективе остается один только рай – для всех без исключения, даже для бандита-мафиози, сколько бы душ при своей жизни он ни загубил. Человек освободился от чувства греховности и метафизической вины, он даже не сознает себя достойным загробного блаженства, он воспринимает его как некую данность, это то, что ему положено без всяких затрат или предварительных условий».

Придирчивый критик может сказать, что объяснение Гуревича неполное, что он не растолковывает часть феноменов, наблюдаемых Моуди, например взгляд на свое тело и всю обстановку со стороны и т. д. Но Гуревич и не претендует на полное объяснение всех реакций организма на пороге жизни и смерти, он смотрит на явление с другой стороны, и то, что казалось «медицинскими фактами», превращается в социально-психологический феномен, а явления разных эпох сливаются в единую картину.

Разумеется, этот пример может показаться неубедительным, а для других не хватает места². Цель автора и не состояла в том, чтобы обратить читателя в свою веру, моя задача была много скромнее – показать, что очень часто можно выбрать такой взгляд на вещи, при котором сложные явления оказываются проще, чем под другими углами зрения. При этом методы, свойственные данному взгляду (данной науке), позволяют описать феномен с такой определенностью, что зачастую появляется возможность естественным образом строить (верные или неверные) сценарии-прогнозы развития событий. Главная проблема заключается в том, что выбор такого взгляда на явление не может быть формализован. Он либо нащупывается методом проб и ошибок, либо приходит как озарение, причем иногда локально для одного-единственного прогноза, а иногда – для целого класса явлений, и именуется новой теорией, новой парадигмой и другими почетными названиями.

Из предыдущего абзаца могло показаться, что высказанное утверждение полностью отвергает использование математических (клиодинамических) методов. Но это отнюдь не так. Даже если искомый взгляд приходит как озарение, этому озарению предшествует большая подготовительная работа, частью которой является математический и статистический анализ. Еще более наглядна роль математики при поиске методом проб и ошибок. В отличие от анализа прошлого при прогнозе будущего математические модели (да простят меня мои коллеги!) не дают ни правильного ответа на поставленные вопросы, ни даже искомого набора альтернатив будущего развития, о которых шла речь вначале. Они дают список возможных альтернатив при допущениях, явно сформулированных или подразумеваемых при их выводе; анализ возможных значений входящих в них коэффициентов еще более сужает спектр возможностей, делая его доступным для обзора и, главное, для использования при выборе взгляда, области знаний, парадигмы, наиболее подходящей при самом прогнозировании. В идеальном (с точки зрения использования математических методов) случае неформальное сопоставление математических моделей и их решений является первым этапом, а второй вообще отсутствует, ибо все модели, включая выбранную, уже были проанализированы до момента выбора.

На какие сроки мы можем предсказывать? Здесь я хочу высказать еще более спорную мысль о том, что существует отрезок будущего, наиболее доступный для прогнозирования, отграниченный сверху и снизу.

Наличие ограничения сверху не вызывает особых сомнений. Если не учитывать очевидные (для сегодняшнего дня!) ограничения – например, все люди смертны, запасы полезных ископаемых ограничены, в течение ближайших десятков тысяч/сотен тысяч/миллионов лет случится извержение супервулкана, новое оледенение, инверсия магнитных полюсов

² Еще одним примером, на взгляд автора, является гипотеза об оптической природе НЛО и о влиянии сгорания ракетного топлива на частоту подобных миражей (Новосельцев 1990).

и т. д. – далекое будущее недоступно для прогноза. В рамках ограничений К. Поппера (подробнее см.: Розов 1995) мы не можем выйти за пределы известных ныне тенденций (и их прогнозируемых модификаций) и тем более охватить время, в котором важную практическую роль будут играть научные открытия и изобретения, не сделанные и не ожидающиеся сегодня. Чем больше эти тенденции, открытия и изобретения будут определять содержание будущей эпохи, тем меньше мы можем о ней сказать.

Менее очевидно наличие нижней границы. Вполне понятно, что лучше всего прогнозируется следующий момент, ближайший час, завтрашний день. Самый лучший прогноз – это экстраполяция общеизвестных (чаще всего – линейных) тенденций для устойчиво меняющихся объектов, и существующее состояние (значение) – для всех остальных, то есть мало и/или неустойчиво меняющихся процессов. Однако такой тривиальный прогноз не представляет ценности и не рассматривается как прогноз. Потребитель прогноза хочет знать, что стряется, случится, произойдет или не произойдет завтра, причем с тем большей точностью, чем ближе прогнозируемое время. Мое утверждение о наличии нижней границы состоит не в том, что более отдаленное будущее можно предсказать точнее, чем завтрашний день, а в том, что отношение погрешности прогноза к допустимому отклонению снижается с отдалением от нынешнего дня, подобно тому, как мы (разумеется, при наличии денег или доступного кредита) сравниваем товары и услуги не по цене, а по соотношению цена/качество.

Соответственно масштаб плохо прогнозируемых событий убывает при приближении к нынешнему моменту медленнее, чем допускаемые (ожидаемые) нами отклонения от тривиального прогноза. Аналогичные явления известны для колебаний биржевых цен (Мандельброт 2004; Peters 2003), представляющих собой именно отклонения от ожидаемого хода событий, и для движений земной коры (Николаев 1967; Мандельброт 2002). Математически они означают фрактальный характер (нецелую размерность) процесса; фактически речь идет о ежемесячных, еженедельных и ежедневных новостях в СМИ, в том числе достаточно масштабных и неожиданных, не предсказанных никем из аналитиков. Источники таких событий весьма разнообразны, они включают случайные происшествия природного и техногенного происхождения, быстрые переходы скрытых малозаметных процессов в явную стадию, неожиданно ранние проявления предсказанных отдаленных процессов и т. д. Отметим, что похожее утверждение относительно экономических и финансовых процессов высказывал лауреат Нобелевской премии по экономике 2013 г. Роберт Шиллер (2013).

Средняя наиболее доступная для прогнозирования стадия, естественно, имеет разную длительность для различных исторических времен и процессов. Для общемировых явлений, как мы полагаем, она начинается через несколько лет (для определенности 3–7 лет) и заканчивается через одно-два поколения (для определенности 30–60 лет).

Сложность и подробность прогноза. Вполне очевидно, что будущее время, равно как настоящее и прошедшее, будет определяться совокупностью различных тенденций. Тем не менее, на наш взгляд, в прогнозе не имеет смысла учитывать (или в полной мере учитывать) более одного-двух, максимум трех явлений. Прежде всего потому, что вероятность угадать все главные тенденции чрезвычайно мала, при наращивании количества учитываемых процессов и построении многофакторных сценариев очень велик риск ошибиться хотя бы в одном из выбранных факторов и существенно исказить угаданное будущее. Важнее предсказать хотя бы главные контуры, чем обставить и украсить их сомнительными подробностями.

2. Тенденции мировой динамики и точка сингулярности

Представления о характере роста населения Земли и техническом прогрессе претерпели немало изменений. В конце XVIII в. Т. Мальтус (1993) считал, что прирост продукции не может быть быстрее линейного (арифметическая прогрессия) и потому не будет поспевать за экспоненциальным ростом (геометрическая прогрессия) населения. В XIX в. идеи об экспоненциальном характере технического прогресса и роста выпуска продукции уже не вызывали неприятия.

Необычайно успешные в экономическом отношении 50-е и 60-е гг. XX столетия в сочетании с ускорившимся ростом народонаселения Земли привели к представлениям о быстром экспоненциальном росте или даже гиперэкспоненциальном росте, который непременно должен столкнуться с какими-то экзогенными или эндогенными препятствиями.

Можно указать два основных варианта таких препятствий.

1. Первый вариант, наиболее ярко представленный в докладах Римского клуба (Meadows *et al.* 1972; Пестель 1988; Римский клуб 1997 и др.), ограничивал наблюдающиеся тенденции расширения возможностями Земли, прежде всего конечностью доступных ресурсов. Хотя указанные работы представляли пессимистическую футурологию, само утверждение об ограниченности земных ресурсов не носило фатального характера. Оно сосуществовало с верой в ускоренное освоение космоса и переход от ограниченных ресурсов Земли к необозримым ресурсам Солнечной системы и далеких планет.

Сегодня видно, что данные прогнозы, исключая космическую часть, оказались (особенно после энергетического кризиса начала 1970-х гг.) эффективными предостережениями, но плохими предсказаниями. Другое значение этих прогнозов состояло в создании методологии долгосрочного прогнозирования, малополезной, на взгляд автора, для непосредственного составления прогнозов, но весьма важной для анализа сценариев будущего при разных наборах исходных предположений (см. выше).

Более подробно тема реальности исчерпания ресурсов будет рассмотрена в следующем разделе.

2. Другой вариант – это режим с обострением, не просто гиперэкспоненциальный, а гиперболический рост, который при сохранении существующей тенденции должен в определенный момент привести к бесконечному значению параметра, к сингулярности. Впервые громкое заявление о продвижении к точке сингулярности было сделано для численности народонаселения N , величины, которая не характеризует не только биомассу вида *Homo sapiens*, но и максимальный размер экологической ниши человека, созданной уровнем технологий, достигнутым к данному моменту времени. Если к этому добавить четкость определения N^3 , то становится понятно то значение, которое придается историческим оценкам численности населения многими специалистами (см., например: Kremer 1993; Капица 1996; Подлазов 2002; Tsirel 2004; Коротаев, Комарова, Халтурина 2007; Коротаев, Малков, Халтурина 2007 и т. д.).

Как было показано в работах Х. фон Фёрстера и его коллег (Foerster *et al.* 1960), М. Кремера, С. П. Капицы, а также других исследователей (см., например: Kremer 1993; Капица 1996; Подлазов 2002; Tsirel 2004; Коротаев, Комарова, Халтурина 2007 и т. д.), рост N является гиперэкспоненциальным и неплохо описывается (хотя бы на крупных отдельных участках) гиперболическими уравнениями, сходящимися в сингулярной точке. Это дает возможность на данном примере более внимательно рассмотреть механизмы гиперэкспоненциального роста.

Наиболее простой механизм гиперэкспоненциального роста состоит в том, что технологический прогресс ведет к расширению экологической ниши, а рост количества людей ускоряет технологический прогресс. Предполагаемая в работах С. Кузнеца и Дж. Саймона (Kuznets 1960; Simon 1977) пропорциональность количества изобретений числу людей (в данном случае способность людей к изобретательству выступает в роли скрытой константы эволюции) автоматически ведет к простейшему гиперболическому уравнению:

$$N_t = A/(T_0 - t), \quad (1)$$

где t – текущее время; T_0 – сингулярная точка, момент, когда население Земли устремляется к бесконечности.

Это уравнение впервые было предложено в знаменитой статье под провокационным названием «Конец света: пятница, 13 ноября 2026 г.» (von Foerster *et al.* 1960) и поразило читателей как близостью конца света, так и его давней предопределенностью (судя по работам С. П. Капицы, дата конца света была в той или иной степени предопределена еще задолго до появления вида *Homo sapiens*). Дальнейшие исследования (Kremer 1993; Коротаев 2006; Цирель 2008) показали, что сама пропорциональность выполняется не столь жестко, что показатель степени в знаменателе не обяза-

³ Все неточности дефиниции N , связанные с мертво-, живорождением, клинической смертью, количеством неполноценных людей и т. д., существенно меньше неизбежных по социальным причинам погрешностей оценки N даже в начале XXI в.

тельно равен единице и не обязательно неизменен в течение всей истории человечества, поэтому предопределенность, заданная уравнением (1), существенно преувеличена. Более того, учитывая падение точности данных и рост отклонений от гиперболы с удалением в глубь истории, уже в палеолитические времена трудно говорить о какой-либо предопределенности (Рис. 1). Но тем не менее оглушающий эффект уравнения (1) до сих пор действует на многих читателей (судя по обсуждениям на форумах Интернета) и вызывает различные толкования.

Гораздо сложнее обстоит дело с другой предполагаемой сингулярностью – экономической, технологической или научной. Неопределенность обсуждаемых понятий порождает и неопределенность характеризующих их численных величин, в отношении которых сосуществует целый ряд полярных мнений.

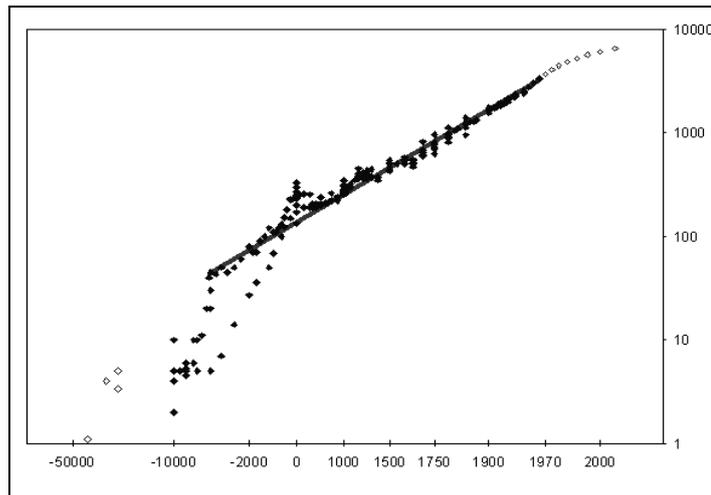


Рис. 1. Рост населения Земли в спрямляющих координатах гиперболического распределения с заданной сингулярной точкой (Цирель 2008)

1. Наиболее оптимистическая или, в другом измерении, наиболее катастрофическая точка зрения состоит в том, что в районе середины XXI в. наступит технологическая сингулярность. Некоторые исследователи (Johansen, Sornette 2001) связывали эту сингулярность с ростом мирового ВВП, но гораздо чаще обсуждается безудержный рост не экономики, а техники и технологии. Наиболее популярная версия представлена в книге Р. Курцвейла (Kurzweil 2005), где утверждается, что человек сольется с очень умной машиной (= разумным компьютером), что обеспечит бессмертие нашим потомкам. Прогноз был подхвачен множеством его последователей

и получил широкую популярность в США и во всем мире (см., например: Мищенко 2013).

Аргументами в пользу этой версии, вернувшей популярность после неудач создания искусственного интеллекта начала 1990-х гг., служат быстрое развитие роботов, «умные» протезы, закон Мура, многочисленные миниатюрные компьютеризированные устройства, а также первые успехи в создании прототипов квантовых компьютеров, ведущих параллельные и вероятностные вычисления, отдаленно напоминающие человеческое мышление. Нельзя не отметить, что идеи искусственного интеллекта развивают большей частью программисты или люди, близкие к компьютерной области, воспринимающие компьютеры как дружественный объект, поэтому, несмотря на признание рисков, в их работах преобладают умеренно позитивные оценки. Другие авторы, далекие от программирования, склонны рассматривать внечеловеческий интеллект и компьютера, и инопланетянина как нечто крайне опасное и в силу прямой враждебности, и в силу различия целей и отношения к ценности единичной человеческой жизни и человечества в целом. Впрочем, некоторые опасения есть и у «компьютерных людей» (см.: Юдковски 2007).

2. В то же время существуют и противоположные точки зрения. По наиболее радикальной гипотезе Г. Каспарова, М. Левшина и П. Тиля (Kasparov *et al.* 2012), научные исследования становятся все менее эффективными, принципиально новых результатов все меньше, и если не будут приняты меры, стимулирующие технический прогресс (прежде всего возврат к свободному промышленному предпринимательству), научно-технический прогресс может вовсе остановиться. Также утверждается (см., например: Huebner 2005), что пик технического творчества пришелся на конец XIX в., после чего технический прогресс замедлился. В книгах А. В. Коротаева с соавторами (Коротаев, Комарова, Халтурина 2007; Коротаев, Малков, Халтурина 2007) на основании данных о росте мирового ВВП сделан вывод, что в последние десятилетия, с энергетического кризиса 1973 г., замедлился экономический прогресс.

Вполне очевидно, что эти утверждения невозможно строго оценить, подсчет количества инноваций не только субъективен, но и вовсе невозможен на сегодняшний день, так как достоверно таксономический ранг сегодняшних инноваций можно оценить только в будущем (см. ниже). Возможность или невозможность создания искусственного интеллекта, превосходящего человеческий, относится скорее к вопросам веры, чем науки. Интеллект – недостаточно определенный объект, чтобы относительно него можно было строить конкретные оценки и прогнозы. В пользу версии о возможности создания суперинтеллекта свидетельствует медленное освоение компьютерами человеческих занятий, включающее доказательство теорем и успехи в шахматной игре; против нее – неудачи больших и амбициозных проектов. Автор склоняется к мысли, что в течение обсуждаемого отрез-

ка времени возможны существенные количественные успехи (прежде всего в области создания и применения промышленных и бытовых роботов; см. ниже), но сращивание человека с машиной или, наоборот, восстановление машин если и может произойти, то в существенно более отдаленные времена. Основной аргумент состоит в том, что сверхамбициозные проекты либо проваливаются, либо занимают много больше отведенного времени, ибо обнаруживаются препятствия и проблемы, о которых не догадывались ранее.

Несколько более определенно можно высказаться об ускоренном прогрессе науки и техники или, наоборот, ее замедлении и остановке. Применяемые мерки технического прогресса – от закона Мура до количества патентов – носят слишком формальный характер, чтобы реально оценивать прогресс. Нужно быть очень большим поклонником сложных технических устройств, чтобы утверждать, что за 20 лет, прошедшие с появления первого процессора Pentium, возможности персональных компьютеров выросли в 1000 раз. Еще меньше о реальном количестве изобретений говорят темпы умножения количества патентов, замедлившиеся в середине XX в. и ускорившиеся в последние десятилетия, когда частыми предметами патентования стали не только технические идеи, но также научные методики, научные результаты и особенно вычислительные алгоритмы.

В то же время нарастающий вал количества публикаций, на мой взгляд, достаточно наглядно характеризует современный стиль развития науки, где количество полученных результатов стало важнее качества (особенно для получения грантов). Природа этого явления, по-видимому, состоит в том, что любая наука стремится выглядеть «наукой быстрых открытий» (Коллинз 2002) независимо от реального положения и финансируется соответствующим образом (в первую очередь с помощью грантов). В этой ситуации люди, способные делать открытия, тратят свои силы и таланты на множество хороших, важных, но все же рядовых работ, что, с одной стороны, влечет за собой ускоренное развитие техники, отмечаемое поклонниками технологической сингулярности, с другой – дефицит открытий и фундаментальных прорывов, отмечаемый их оппонентами. Весьма возможно, что через некоторое время нехватка принципиально новых идей и открытий начнет тормозить технический прогресс.

На этом фоне достаточно неожиданным выглядит замедление экономического роста, в первую очередь зависящего от технических новшеств и изобретений, а не от идей и открытий. По-видимому, замедление роста ВВП следует в первую очередь отнести к возрастающей неадекватности самого показателя (см. ниже).

Таким образом, предполагаемая технологическая сингулярность является куда менее внятным конструктом, чем демографическая. В то же время гиперэкспоненциальный рост свойственен не только социальным феноменам, но и природным. По данным ряда исследователей (Марков, Коротяев 2007; 2008; Гринин и др. 2008: 172–199), гиперэкспоненциальный и даже именно гиперболический рост характерен для биологической эволюции.

Рассмотрим простейшие механизмы гиперэкспоненциального роста. Наиболее простым из них является пропорциональность (или степенная зависимость) продуктивности от количества объектов, в том числе упоминавшаяся выше идея С. Кузнецца и М. Кремера о пропорциональности количества изобретений количеству потенциальных изобретателей. Однако при таком подходе неясно, достаточен ли запас исходных возможностей для изобретательства сохраняющегося таксономического ранга и каким образом при постоянстве ранга и независимости изобретений друг от друга исключается влияние повторений.

Постараемся составить модели, в той или иной мере учитывающие эти факторы. Первая модель, на наш взгляд, демонстрирует наиболее органичный способ появления гиперболического роста. В этой модели глубинная скорость эволюции (Цирель 2009), например скорость смены поколений или способность людей к творчеству, будет считаться постоянной, а предметом рассмотрения будут интервалы между точками деления одного класса на подклассы. Сделаем естественное предположение, что в биологической (социальной, технологической и т. д.) таксономии расстояния между уровнями представляют собой убывающую геометрическую прогрессию. Тогда при постоянной скорости эволюции длительности формирования новых объектов понижающихся таксономических уровней также должны образовывать геометрическую прогрессию:

$$T_i = t_0 + t_0 k_t + t_0 k_t^2 + \dots + t_0 k_t^i = t_0 \frac{1 - k_t^{i+1}}{1 - k_t}, \quad (2)$$

где T_i – время, отсчитываемое от старта быстрой эволюции; t_0 – время образования набора элементов первого таксономического уровня; $k_t < 1$ – коэффициент повышения скорости образования каждого следующего таксономического уровня (за счет уменьшения количества различий).

Если предположить, что количество таксонов на каждом следующем уровне одинаково (альфа-разнообразии $k_\alpha = \text{const}$), то их общее количество N_i также образует геометрическую прогрессию:

$$N_i = N_0 + N_0 k_\alpha + N_0 k_\alpha^2 + \dots + N_0 k_\alpha^i = N_0 \frac{k_\alpha^{i+1} - 1}{k_\alpha - 1}. \quad (3)$$

Очевидно, что этот процесс (пока не будем говорить об ограничениях) должен привести к сингулярной точке, где количество объектов предельно низкого таксономического уровня (биологических подвидов, отдельных популяций, мелких нововведений, рациональных предложений и др.) устремится к бесконечности.

Как нам представляется, лестница А. Д. Панова (2005) и другие аналогичные конструкторы реально представляют собой объекты именно этого типа – каждая следующая развилка означает новый выбор дороги рангом на единицу ниже при продолжении движения от предыдущей развилки. Если в таксоне старшего ранга в течение всего времени развития приблизительно

сохраняется количество объектов следующего таксономического ранга, то рост количества объектов должен происходить по гиперболическому закону (см. условный пример на Рис. 2).

Отметим, что по результатам численного моделирования даже большие вариации обсуждаемых величин сохраняют близость закона роста к гиперболе. Суть процесса заключается в том, что количество таксонов самого низшего ранга (или суммы таксонов всех рангов) растет экспоненциально в историческом времени T_i , а само T_i как сумма убывающей геометрической прогрессии движется к сингулярной точке в ньютоновском времени t .

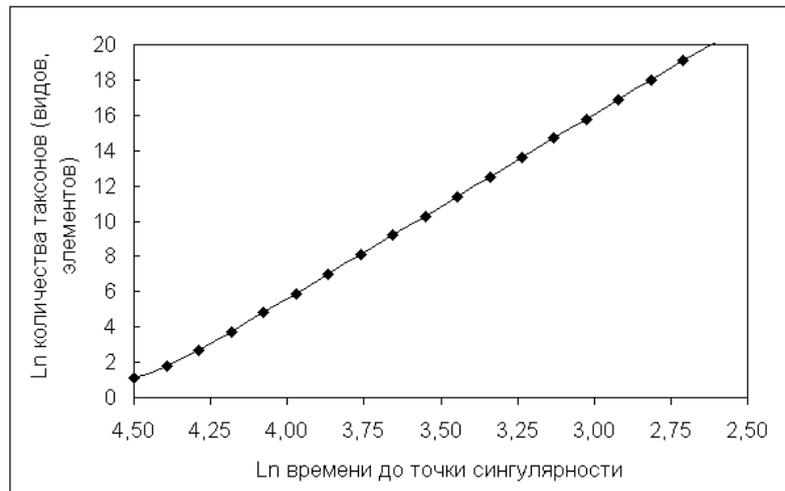


Рис. 2. Условный пример гиперболического роста количества таксономических единиц

Однако вариант с сохранением и даже ростом альфа-разнообразия (Марков 2003), по-видимому, специфичен для биологической эволюции, где, по мнению многих биологов, таксономический ранг — это лишь реконструкция, важная для исследователя, а фактически важнее всего роли («профессии») в экологической системе. Если существует достаточное количество экологических ниш, то количество элементов одного таксономического ранга имеет слабые ограничения.

В то же время для социальной и технической эволюции более характерна ситуация, при которой элементы одного таксономического ранга пытаются занять одну нишу и сохраняют отношения конкуренции между собой (см., например: Гринин и др. 2008). В этом случае их количество существенно ограничено. Для оценки характера его изменений можно использовать закон Седова (1988; 1993), который уточняет известный кибернетический закон Эшби о необходимом разнообразии. Идеи Е. А. Седова

активно развивает А. П. Назаретян, поэтому мы воспользуемся формулировкой закона Седова, приведенной в книге Назаретяна (2004: 225): «В сложной иерархической системе рост разнообразия на верхнем уровне обеспечивается ограничением разнообразия на предыдущих уровнях и, наоборот, рост разнообразия на нижнем уровне [иерархии] разрушает верхний уровень организации». Таким образом, условием усложнения таксономий нижних уровней является отмирание или, чаще, маргинализация менее удачных таксонов высших рангов. Впрочем, данный закон не отменяет возможности возвращения к эволюции на более высоких уровнях иерархии, но указывает, что такие явления имеют катастрофический характер (Назаретян 2004; Цирель 2005).

Впрочем, действие этого закона не ограничивается социальной и технической эволюцией, характер образования важнейших биологических классов (птиц, млекопитающих и т. д.) по современным представлениям (см., например: Татаринцов 1987) был близок к тому же правилу. Вначале появлялись различные по происхождению, но функционально схожие варианты существ, близких по месту в экологической нише и даже по приспособлениям для ее занятия, но потом оставался либо один главный вариант, либо главный вариант и небольшое количество маргинальных, нашедших себе укромные ниши в отдаленных областях суши. Подобный тип развития хорошо иллюстрируют и примеры развития техники. Например, из множества летательных аппаратов, придуманных на заре воздухоплавания, остались лишь самолеты и вертолеты, чьи области применения («экологические ниши») почти полностью разделились, а третий распространенный класс, дирижабли, практически окончательно «вымер»⁴. Дополняют эту схему аэростаты, планеры, ракеты и т. д., имеющие существенно более узкие области применения.

Впрочем, не менее успешно подобный тип эволюции можно иллюстрировать примерами из социальной истории. Л. Е. Гринин (2007) показывает, что во времена формирования ранних государств последние существенно различались между собой, а кроме них существовали не уступающие по уровню организации аналоги ранних государств, но, как продемонстрировала история, менее гибкие и менее способные к дальнейшей эволюции. К настоящему времени аналоги государств исчезли (последними «умерли» кочевые империи), а реальные государства отличаются меньшим разнообразием по основным функциям, чем их прототипы, точнее, их различия принадлежат к совсем другим уровням, чем 3–5 тыс. лет назад. Другим не менее ярким примером является организация экономических систем. Если «первоэкономики» отличались большим разнообразием, то затем, по распространенной классификации К. Поланьи (Polanyi 1977), осталось лишь три типа – реципрокная (к ней приближается и эксплоярная экономика Т. Шанина [1999]), редистрибутивная и рыночная си-

⁴ Хотя попытки восстановить их для различных задач (например, аэрогеофизической съемки) не прекращаются.

стемы товарообмена, причем первый тип сохранился в основном как маргинальный.

Если применить к этому типу эволюции таксонов ту же схему (только теперь рост их количества согласно закону Седова будем описывать арифметической прогрессией), то нарастание количества видов (стандартов, институтов и т. д.) уже не будет подчиняться гиперболическому закону. Условный пример приведен на Рис. 3. Как нам представляется, любопытно его сравнить с Рис. 1, демонстрирующим рост численности человечества. Небольшие изменения модели позволяют добиться еще большего сходства, однако и наблюдаемая близость Рис. 1 и Рис. 3 представляется нам достаточно впечатляющей.

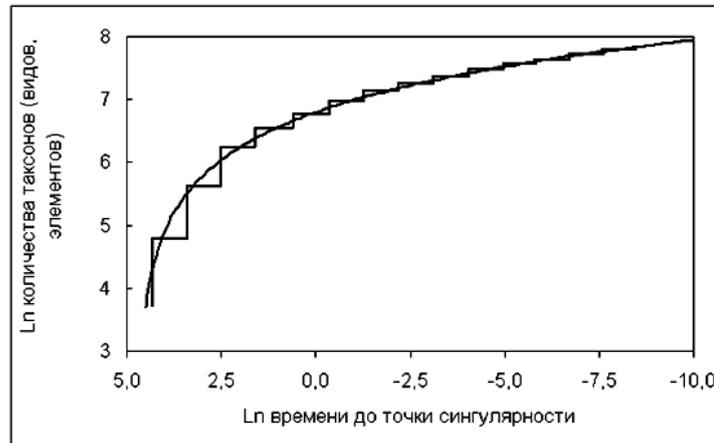


Рис. 3. Условный пример роста количества таксонов при выполнении закона Седова

Важно отметить, что скорость роста населения Земли, по-видимому, определяется одновременно как закономерностями роста экологической ниши за счет новых изобретений, так и закономерностями развития самой техники. При этом оба процесса имеют близкие закономерности и даже параметры роста (при высокой степени заполнения экологической ниши человечества K народонаселение N , само K и технический уровень T в нулевом приближении пропорциональны друг другу), и на первый план выходит та закономерность, которая в большей степени лимитирует численность человечества⁵. В античное время и особенно в Средние века главным сдерживающим фактором выступало количество образованных людей, готовых стать потенциальными инноваторами. В XX в., наоборот, квазигиперболический рост опирается в большей степени на самостоятельный процесс раз-

⁵ Расчеты, позволившие сделать этот вывод, основаны на данных таблицы 1 в статье: Кортаев 2006: 147–148.

вития техники, ибо с резким увеличением количества ученых и инженеров в развитых странах неучастие остального населения Земли в техническом прогрессе перестало лимитировать его темпы. Население развивающихся стран в основном лишь реализовывало своим быстрым ростом технические достижения, полученные в центре Мир-Системы.

И тем не менее обсуждаемое сходство модельного и фактического процессов отнюдь не доказывает адекватность представленной модели процессу роста численности человечества. И дело не в том, что нам весьма неприятно представлять изобретения наших дней – от дизеля и радио до космических ракет и Интернета – как нечто ничтожно мелкое по отношению к земледелию, одомашниванию скота или первым металлическим изделиям. Основное ограничение состоит в том, что модель, представленная на Рис. 3, чрезмерно грубо характеризует процесс эволюции как монотонный. Кроме неуклонного движения по одной протоптанной дороге с отбрасыванием на каждой развилке альтернативных путей в реальной эволюции происходят кризисы, возвращающие выбор к более далеким и забытым развилкам. По видимому, кризисы могут иметь две формы.

1. На определенном этапе оказывается, что существующий набор форм не обеспечивает необходимого разнообразия на верхнем (верхних) уровне иерархии (например, родовом или даже видовом разнообразии в биологической эволюции). Выходом может быть рост (сохранение) разнообразия на нижних уровнях, один из возможных вариантов (хотя и не самый распространенный) заключается в реанимации отброшенных маргинализированных стандартов. Другой, наименее революционный, выход заключается в трансформации основного варианта. Так как в данном фрагменте статьи речь идет о социальной эволюции и изобретательстве, то в качестве примера мы будем использовать введение новых структур в существующие языки программирования (например, трансформация языка С в С++).

2. Вторая, более катастрофическая, форма кризиса заключается в потере эффективности всех уровней, надстроенных над утвердившимися формами. Как и при первой форме (при невозможности трансформации существующих вариантов), выходом является перенос разнообразия на нижний уровень. Здесь уже речь идет не о дополнении разнообразия, а о перестройке всей системы. Вполне очевидно, что существуют мощные препятствия к перестройке системы, связанные как с обычаями и привычками людей, так и с высокими затратами. Закон Седова уточняет, что сила сопротивления увеличивается при исчезновении разнообразия на нижнем уровне и достижении большого разнообразия на верхних уровнях, и наоборот – снижается, когда на нижнем уровне еще сохранились альтернативные формы (стандарты), а разнообразие на верхних уровнях не получило большого развития.

Весьма интересен вопрос, на каком уровне иерархии, ближнем или дальнем, будет происходить рост разнообразия и где будет найден выход из

создавшейся коллизии. Наиболее очевидный ответ мог бы констатировать, что оптимальный вариант выхода должен находиться на том уровне, где была сделана ошибка выбора (или какой-то из ранее сделанных «правильных» выборов оказался ошибочным в изменившейся ситуации). Однако в большей части случаев это не может быть достоверно известно, а единственностью эффективного выхода (речь идет именно об эффективном, а не об оптимальном) является скорее исключением, чем правилом. Поэтому на выбор уровня, на наш взгляд, более всего влияют два обстоятельства. Во-первых, как в силу консерватизма, свойственного людям, так и исходя из минимизации затрат преимущества получает уровень, наиболее близкий к самому верхнему. Во-вторых, естественно, наибольшие шансы имеют те решения, которые наиболее готовы к использованию в критический момент. Если кризис глубок, то второе правило оказывается сильнее первого, и возможен спуск сразу на много уровней. Конечный результат зависит от всех факторов и ряда привходящих обстоятельств (как известно, в критические моменты роль случайности особенно велика) и может принципиально различаться в разных ситуациях.

Подобные провалы превращают гиперэкспоненциальный рост в ломаную линию в спрямляющих координатах (Рис. 1 и 3), а оскорбительный для современности тезис о ничтожности изобретений последнего времени смягчается, если не исчезает вовсе. Бронзовый век лишь отчасти продолжает каменный, в большей мере бронза не продолжает, а заменяет кость или камень, автомобиль не является прямым наследником телеги или кареты и т. д.

Говоря о кризисах роста, мы подошли к важной и часто встречающейся особенности приближений к точке сингулярности (или более локальному кризису), состоящей в появлении колебаний с убывающим периодом и, как правило, убывающей амплитудой, и, наоборот, колебаний с возрастающим периодом при отходе от критической точки. Согласно А. Йохансену и Д. Сорнетту (Johansen *et al.* 1996; Сорнетте 2003 и др.), посвятившим немало исследований в области сейсмологии, демографии и экономики изучению этого феномена, колебания имеют логопериодический характер, то есть аргумент гармонической (или иной периодической) функции убывает по логарифмическому закону от расстояния (времени t) до критической точки: $\omega \ln ((t_{cr} - t) + \varphi)$, где t_{cr} – критический момент, а параметр ω характеризует скорость сокращения периодов колебаний. Важность таких колебаний не только в указании на механизм развития кризиса, но также в возможности существенно более точного определения момента сингулярности и соответственно предшествующего ему момента обязательного изменения тенденции развития.

Несмотря на длительный многосторонний анализ процессов возникновения логопериодических колебаний, Д. Сорнетт и его коллеги так и не пришли к окончательному выводу о природе их возникновения. В одной

из последних статей, посвященных финансовым кризисам (Yan *et al.* 2011), указывается, что в основе логопериодических колебаний может лежать либо некий ступенчатый иерархический процесс, либо некое нелинейное взаимодействие. При этом каждая версия имеет еще ряд подвариантов, например ступенчатый процесс может опираться на существующую изначально иерархию (или некоторую дискретность строения изучаемого явления), появляться в ходе развития критического явления либо достаточно формально вводиться с помощью комплексной фрактальной размерности. Приведенные на Рис. 2 и 3 ступенчатые линии иллюстрируют именно этот механизм.

Хорошими примерами дискретных самоподобных фракталов являются такие классические структуры, как множество Кантора, ковер и пирамида Серпинского, кривая Коха и т. д. Весьма логичным методом введения логопериодичности является также подход А. Подлазова (2009), при котором процесс приближения к критической точке преобразует периодический входной сигнал в логопериодический выходной. Еще более разнообразны сложные нелинейные процессы, приводящие к логопериодическим колебаниям, начиная с каскада бифуркаций удвоения периодов М. Фейгенбаума.

Однако общность и широкое распространение логопериодических колебаний заставляют усомниться в полноте предлагаемых объяснений. Еще большую трудность этой проблеме придает наблюдающаяся одновременно с большой общностью необязательность и нерегулярность этого явления. В примерах, приведенных в книге Сорнетта (2003) о финансовых рынках, логопериодические колебания перед рыночными крахами и после них в основном имели регулярную структуру с более или менее постоянным значением ω в диапазоне 0,5–2, но при этом в части случаев колебания более походили на периодические (а не логопериодические) или имели вовсе нерегулярный характер. Еще в части случаев периодограмма Ломба показывала существование дополнительных логопериодических колебаний со скоростями сокращения (роста) периодов, далеко выходящих за указанный выше диапазон.

В связи с этим первый вопрос, который возникает у непредубежденного читателя, звучит примерно так: «Существуют ли вообще логопериодические колебания, или это некий артефакт, получающийся в результате анализа специальной выборки из реализаций иных, более общих и не столь красивых эффектов?» На наш взгляд, данный вопрос вполне правомерен, ибо совершенно логично полагать, что при приближении к критической точке (удалении от нее) наблюдается ускорение (замедление) следования событий. Более того, данное утверждение выглядит как общеизвестное и тривиальное. Чуть менее тривиальным, но также вполне понятным является утверждение, что учащаются не только события, усиливающие кри-

зисные явления, но и, наоборот, события противоположного плана. Например, если речь идет о революционной ситуации, то перед революцией учащаются как вспышки акций протеста, так и контрнаступления правительства. В ходе биологической эволюции в кризисные моменты сокращается не только длительность формирования новых видов, но и длительность их существования или доминирования в своей экологической нише и т. д.

Другим достаточно тривиальным (и близким к первому) процессом является уменьшение сходства фиксируемых явлений с удалением от критической точки (чем дальше от нее, тем менее важен и более инертен изучаемый процесс). Наглядным примером такого «процесса» будет распределение годов издания из длинных библиографических списков. Совершенно не обязательно периоды колебаний таких процессов (в кавычках и без кавычек) должны убывать именно в геометрической прогрессии и сходиться именно к критической точке (например, к году написания книги или обзора). Для фиксации наличия логопериодических колебаний в общем достаточно близости отдельных фрагментов колебательного процесса к логопериодическому, сходящему к пределу, расположенному не слишком далеко от реальной критической точки. Для таких ускоряющихся процессов весьма характерна множественность логопериодичностей с близкими точками сингулярности. Наличие нескольких параллельных логопериодических колебаний может объясняться реальным множеством сосуществующих (и в какой-то мере взаимодействующих друг с другом) ускоряющихся процессов (например, протестных акций в разных городах перед революцией, смен хозяев разных экологических ниш, публикаций по разным аспектам проблемы и т. д.). Но также она может быть и артефактом, связанным с большой гибкостью описания временного ряда с помощью суммы логопериодических процессов, имеющей десятков и даже более независимых параметров.

Более общий вариант описания возникновения логопериодичности, на наш взгляд, связан с наличием описанных выше кризисов и пунктуалистической дискретной составляющей эволюции (Pagel *et al.* 2006). Для биологической таксономии основой такого процесса будет понижение уровня различий (и соответственно сокращения длительности их реализации) в ряду точек ветвления за счет растущих численности и дробности экологических ниш. В процессе развития технологий, обеспечивающих рост экологической ниши человечества, основой такого процесса будет сокращение интервалов между принципиальными организационными и техническими новшествами за счет трех процессов: уплотнения интеллектуального общения, возрастания знаний о мире и количества изобретений и снижения масштаба новшеств, о котором шла речь выше. В другой формулировке данный механизм логопериодичности состоит в возрастании чувствительности систем (способности реагировать на все уменьшающиеся возмущения) за счет увеличения тесноты связей внутри системы и одновременном возрастании скорости реакции (релаксации) после выхода из равновесия.

Достаточно общее формальное описание этого механизма состоит в следующем. При логопериодическом процессе периоды последовательных колебаний T_n линейно убывают по мере приближения к критической точке:

$$T_n = (t_{cr} - t_n) (1 - \lambda) / \lambda, \quad (4)$$

где λ – знаменатель геометрической прогрессии последовательности длительностей циклов T_n ; $t_{cr} - t_n$ – интервал от начала цикла T_n до критического момента t_{cr} . Соответственно скорость изменения периодов колебаний постоянна: $\Delta T / \Delta t = const$. Тогда частота пропорциональна $(t_{cr} - t)^{-1}$, а скорость изменения частоты – $\Delta f / \Delta t \sim 1/T^2 \sim f^2$. Скорость изменения частоты, как отмечалось выше, определяется двумя процессами – возрастанием чувствительности системы и возрастанием скорости реакции на выход из равновесия (отклонение от тренда). Тогда более общая форма описания скорости изменения частоты: $\Delta f / \Delta t \sim f^{\alpha + \beta}$, где α характеризует чувствительность системы к внешним толчкам, а β – скорость реакции системы. Соответственно $T \sim (t_{cr} - t)$ при $\alpha + \beta = 2$ или $T \sim (t_{cr} - t)^{\alpha + \beta - 1}$ в остальных случаях. Для гармонических колебаний общее уравнение колебательной составляющей примет вид:

$$F(t) = a(t) \cdot \cos(\omega(t_{cr} - t) + \varphi)^{\alpha + \beta - 2}, \quad (5)$$

в общем случае отличный от логопериодического (при $\alpha + \beta = 2$ нулевая степень заменяется логарифмом). Гармонический характер колебаний, естественно, требует особых обоснований, по-видимому, это просто упрощение, необходимое для оценки параметров процессов. Отметим, что если $|\alpha + \beta - 2| < 0,25$, то отличие длительности одного колебания от соседнего не превысит 20 %. Если учесть неточность в определении точек смены колебаний t_n и возможное непостоянство α и β , то отличия от логопериодического процесса на отрезке, где более или менее отчетливо можно выделить максимум 3–4 колебания, вряд ли будут заметны.

Хотя обсуждаемый процесс позволил объяснить даже логопериодические колебания, в малой окрестности точки сингулярности возникает проблема адекватности описания самого механизма роста. Для иллюстрации приведем избитый пример о девяти женщинах, которые вместе не могут родить ребенка за один месяц. Например, скорость роста народонаселения биологически ограничена 5–6 % в год. В отношении технического прогресса таких жестких ограничений не существует, но множество факторов вроде привычек, необходимости согласования с другими новшествами, длительности апробации и устранения огрехов первых созданных образцов и т. д., которые ограничивают реально возможную скорость технического прогресса. Поэтому начинающийся сход с кривой, ведущей к сингулярности, должен иметь свой особый режим, отличающийся от гиперболического роста. Для народонаселения Земли (Рис. 4) это либо экспоненциальный рост на 1,75–2,1 % в год в 1945–1990 гг., либо линейный рост на 72–92 млн человек в год в 1965–2025(?) гг.

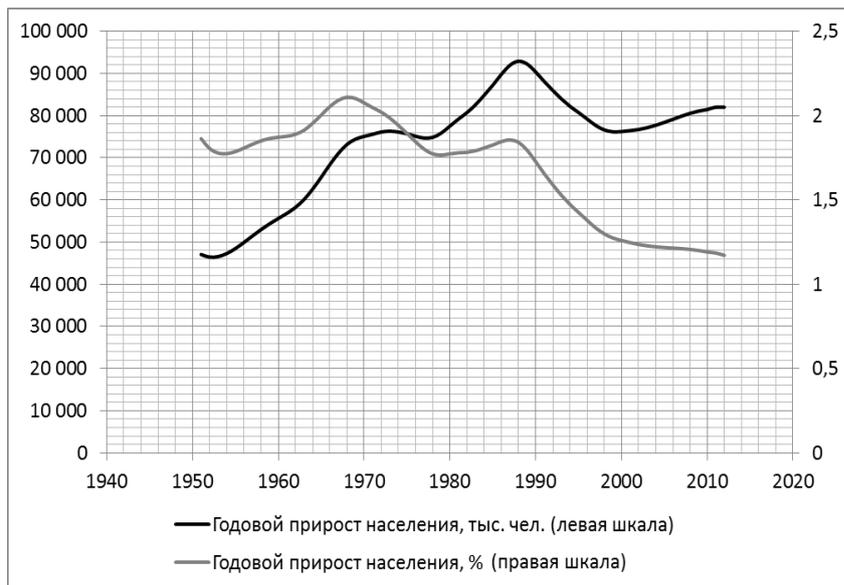


Рис. 4. Рост народонаселения Земли (по данным ООН)

К сожалению, нет и не может быть надежного способа определения режима за точкой сингулярности, ибо новый режим функционирования устанавливается в ходе процесса перестройки системы. Согласно мнению Сорнетта (2003), когда лопаются финансовые пузыри, с сопоставимыми вероятностями можно ожидать как стагнации на уровне, близком к максимальному, так и резкого сокращения темпов роста цен или курсов акций, зачастую сопровождающегося логопериодическими колебаниями возрастающей длительности.

Вопрос, который будет главным в следующей части статьи, состоит в том, чего можно ожидать за точкой сингулярности, пройденной (в смысле выхода из режима с обострением) для народонаселения Земли, и за ожидаемым или происходящим уже сейчас выходом из режима с обострением для экономического роста. Означает ли выход из режима с обострением замедление технического прогресса, окончание времени быстрых перемен или, наоборот, переход в совсем иной новый мир? А если это переход в новый мир, то как его следует оценивать с позиций сегодняшнего дня – как некую иную форму прогресса, как регресс, или мир станет настолько иным, что вообще не стоит прикладывать к нему наши мерки? Или самый худший вариант – все лучшее уже позади, а впереди – лишь некие ужасы, вплоть до глобальной катастрофы, означающей конец истории человечества?

3. Сам прогноз

Как указывалось в начале статьи, выбор основного фактора, который будет определять нынешнюю эпоху, невозможно сделать с помощью формализованной процедуры.

Постараемся взглянуть на наше время из прошлого и понять, можно ли было заранее установить основные тенденции или даже сильнее – почувствовать дух нашего времени. Прежде всего нам самим надо понять, что в наибольшей степени отличает наше время от недавних времен.

На мой взгляд, следует выделить следующие пункты.

Конец 70-х и 80-е гг. XX в. Апогей и конец холодной войны, крах СССР, начинающийся подъем Китая, упадок Японии, микропроцессоры, автоматизация, компьютеры.

90-е гг. XX в. Подъем Китая, низкие цены на сырье, массовая компьютеризация, сотовая связь, Интернет.

Нулевые годы. Высокие цены на сырье, выход Китая на второе место в мире по объему экономики, подъем других развивающихся стран, экономический кризис, проблемы США и ЕС, нестабильность на Ближнем Востоке.

Нет сомнений в том, что многим мои ответы покажутся неточными, некорректными и вовсе неправильными. Но мне остается анализировать то, что есть.

Начнем с того, что на самых коротких интервалах на первый план выходят экономические и политические отличия, а на более длинных их теснит технический прогресс, занимая до половины мест в списке.

Поэтому и среднесрочный прогноз будет состоять из экономико-политического и технико-технологического прогнозов.

Базовым пунктом экономико-политического прогноза станет американо-китайское соперничество. Многие эксперты (или даже большинство экспертов) предсказывают, что через 5–10 лет Китай обгонит США по валовому продукту и вскоре после этого станет страной-лидером, гегемоном мировой политической системы. Однако в работе Л. Е. Гринина и др. (2014) приведены серьезные аргументы против такого развития событий в обозримом будущем. С одной стороны, Китай не готов к роли лидера, ведущей роли в настоящее время противоречат:

- низкий уровень ВВП на душу населения и низкая производительность труда;
- неразвитость и закрытость финансовой системы;
- отсутствие не только сверхидеи, но даже привлекательной для других стран идеологии, кроме самой способности к быстрому экономическому и техническому прогрессу;
- изменяющаяся политическая система Китая;
- (пока еще) недостаточное развитие науки и высшего образования;

– невнимание к экологическим проблемам, энерго- и ресурсосбережению.

С другой стороны, США в нынешней мировой политической системе занимают уникальное место, беспрецедентное в истории, одновременно удерживая лидерские позиции в экономической, политической, военной, научной и культурной сферах. И если в экономической сфере Китай «наступает на пятки» Соединенным Штатам, то в культурной сфере благодаря Интернету, основанному на американском английском и американских культурных и технических нормах, роль США продолжает усиливаться. Возможно, разоблачения Э. Сноудена каким-то образом изменят положение, но, скорее всего, нужно еще несколько Ассанжей и Сноуденов, чтобы начались перемены. Ведь альтернативами американской гегемонии в Интернете в настоящий момент являются либо разделение Интернета на национальные сектора и замена мягкого американского подглядывания на жесткие локальные формы слежки и контроля, либо, наоборот, полное уничтожение каких-либо ограничений, включая запрет на распространение детской порнографии и тяжелых наркотиков.

Кроме того, в упомянутой выше работе авторы предположили, что из-за огромных размеров Китая и китайской экономики резервы наращивания экспорта скоро исчерпают себя (особенно в условиях стагнации ведущих экономик мира). При этом переход на иную модель развития в сочетании с необходимостью решения других отложенных проблем, прежде всего политических и демографических, приведет к затяжному кризису, аналогичному кризису Японии при исчерпании возможностей экспортной модели экономического развития и льготного кредитования с государственными гарантиями. Однако из-за огромных размеров Китая подобный кризис настигнет его на более ранней стадии, при ВВП на душу населения в 2–3 раза меньше, чем в западных странах. Большой запас прочности позволит отсрочить наступление кризиса, и наиболее ожидаемое время развития кризисных явлений – через 7–10 лет, а полная длительность – менее одного поколения (20–30 лет). Вполне возможно, запас прочности Китая выше, а китайское правительство дальновиднее, и наступления кризиса можно ожидать через 10–15 лет при более короткой его продолжительности. При первом варианте Китай к началу кризиса лишь сравняется с США по объему ВВП, во втором – обгонит в 1,2–1,5 раз. Но в любом случае кризисные явления, включающие выработку новой идеологии и новой модели позиционирования Китая в мире, помешают ему в скором времени оттеснить США.

Также, обсуждая смену мирового лидерства, не следует забывать, что переход мирового лидерства от Британской империи к США занял не менее 50–70 лет. Принято считать, что окончательный отход Англии на вторые позиции произошел во время Второй мировой войны, хотя, по оценкам А. Мэддисона (Maddison 2001), ставшими общепринятыми, США по размеру ВВП превзошли Великобританию еще в 70-е гг. XIX в., а по ВВП

на душу населения – в 90-е. Если дополнительно учесть, что Британия была не абсолютным лидером во всех номинациях, скорее первой среди почти равных держав, то можно представить длительность предстоящего переходного периода, даже с учетом большей скорости протекания политико-экономических процессов.

В пользу длительного междуцарствия можно привести еще ряд аргументов. Наиболее очевидный состоит в том, что в отличие от ситуации первой половины XX в., когда «на пятки» Англии, кроме США, еще дважды наступала Германия, в настоящее время у Соединенных Штатов нет других конкурентов, кроме Китая. Ни ЕС (и Германия в ее составе), ни Россия, ни Индия не могут соперничать с США в большей части номинаций.

Не столь общеизвестные, но достаточно убедительные аргументы в пользу длительного сохранения лидерства США дают перспективы развития мировой экономики.

На наш взгляд, в экономической области можно ждать двух самых больших изменений.

Первое изменение – это дальнейшее развитие автоматизации и роботизации производства, обещанное футурологами еще в 90-е гг., но не случившееся как из-за малой стоимости труда в Китае, так и из-за неудачи тогдашних планов создания искусственного интеллекта. Однако ныне в пользу реализации давно прогнозируемых изменений говорят не только мнения множества экспертов, но и реальные примеры реализации, еще не слишком частые, но достаточно убедительные. На Рис. 5 представлены оценки поставки промышленных роботов, указывающие на начало периода роста после длительного застоя.

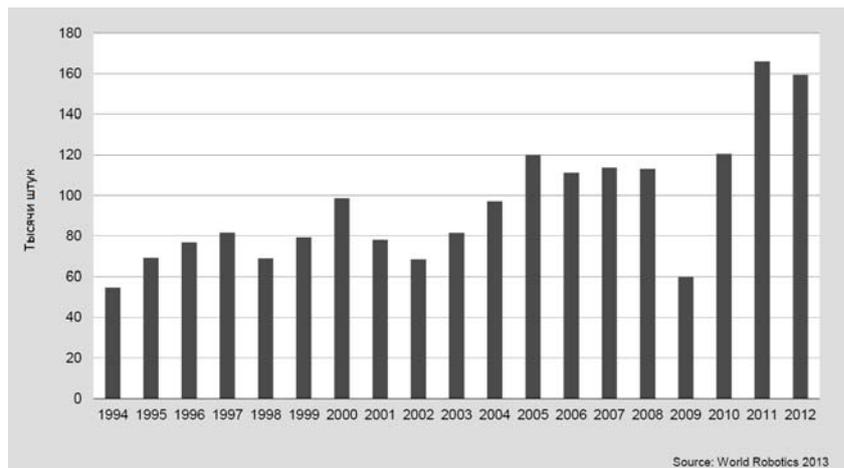


Рис. 5. Поставки промышленных роботов в 1994–2012 гг.

Согласно отчету *World Robotics* (2013) в 2014–2016 гг. рост в среднем ожидается на 6 %. Более быстрый рост производства и продаж ожидается для бытовых роботов (см. Рис. 6).



Рис. 6. Оценки и прогноз продаж бытовых роботов

Разумеется, при роботизации производства тонких и точных устройств и предметов будут использоваться многие достижения нанотехнологий и других членов модной троицы «нано-био-когно», но основное экономическое значение будет иметь именно быстрый рост производительности труда в материальном производстве, а также простейших занятиях в сфере обслуживания.

Достаточно очевидно (и единичные примеры имеются уже в наши дни), что при экономически оправданной роботизации производства число занятых существенно сократится, а требования к каждому работнику существенно возрастут. В первую очередь от рядового работника потребуются сочетание дисциплинированности и творчества, (пока?) в массовом масштабе распространенное лишь в западных странах. При этом ввиду малого количества занятых высокие западные зарплаты не станут большой обузой для работодателя. Поэтому можно ожидать возвращения существенной части наиболее продвинутых производств обратно в США, Японию и Европу.

Разумеется, Китай поборется за свое место в мировом разделении труда, удерживая всеми способами промышленные производства, – монополизацией доступа к сырью, снижением зарплат, массовым копированием роботов предыдущих поколений и т. д. Особое впечатление произво-

дит заявление Терри Гоу (World Robotics 2013; Bonev 2013), руководителя тайваньской фирмы *Foxconn*, крупнейшего в мире производителя микроэлектроники, который утверждал, что его компания в течение трех лет заменит часть своих работников на заводах в Китае на 1 млн роботов, то есть практически удвоит мировой парк промышленных роботов. На момент анонса *Foxconn*, по его данным, уже изготовил 10 000 роботов и планировал увеличить это число до 300 000 в 2012 г. и до 1 млн к 2014 г. Однако фактические успехи в 2012 г. были примерно в 20 раз меньше обещанных, а сами роботы *Foxbot* оценивались специалистами как дешевые и достаточно надежные, но заметно уступающие лучшим мировым образцам по своим возможностям и удобству использования. На мой взгляд, в ближайшие 10–15 и, возможно, более лет Китай еще не сможет создавать новые смыслы, как подобает лидерам мирового технического прогресса.

Вместе с тем перевод столь сильно автоматизированных предприятий в развитые страны лишь сократит занятость на периферии и полупериферии, но почти не увеличит ее в центре Мир-Системы. И на периферии, и в центре останутся миллионы людей, недостаточно способных или недостаточно образованных и не востребованных новой экономикой. Большие массы населения, особенно с низкой дисциплиной труда, в развивающихся странах окажутся скорее обузой для своих правителей, чем фактором развития. Предполагаю, что наибольший урон от роста производительности труда понесут среднеразвитые и развивающиеся страны за пределами Восточной Азии, обладающей уникальными традициями образования и высокой культурой труда. Если предполагаемый китайский кризис не примет драматических форм, то основная часть промышленного производства, ориентированного на экспорт и не вернувшегося на Запад, так и останется в Китае и сопредельных странах. Предполагаю, что в результате в наилучшем положении окажутся именно США и другие западные страны, несмотря на весьма неблагоприятную возрастную структуру населения, ибо они накопили наибольший опыт эффективного и некриминального обеспечения занятости населения вне материального производства и простейших форм услуг.

Второе важное изменение, которое может помешать Китаю в соревновании за мировое лидерство, – это изменение самих правил соревнования. Замечательное изобретение Саймона Кузнеца, показатель «валовой внутренний продукт», по своему смыслу все же предназначен для измерения объемов рыночных экономик индустриального времени. В дальнейшем данный показатель был не слишком корректно распространен на нерыночные экономики (командные, реципрокные, с преобладанием натурального хозяйства и т. д.) всех стран и времен. Для индустриальных ры-

ночных экономик показатель продемонстрировал свою эффективность, однако уже с энергетического кризиса 1973 г. началось расхождение между физическими объемами продукции и удовлетворением потребностей, что снижает точность показателя.

В настоящее время существует немало причин считать оценки ВВП по ППС в существенной мере не адекватными ни реальному состоянию экономики, ни уровню жизни людей, в том числе:

- проблематичность расчета ППС в западных странах с иной корзиной потребления и иным качеством товаров;
- завышенный учет государственных расходов, эффективность которых приравнивается к эффективности частного сектора;
- большая доля транзакционных расходов и финансовых услуг (по разным методикам – от 25 % до 60 % ВВП развитых стран);
- неучет ущерба окружающей среде (затраты на устранение ущерба не вычитаются, а прибавляются к ВВП);
- неучет неравномерности распределения доходов;
- неучет бесплатных нематериальных услуг и товаров, получаемых в Интернете;
- недоучет или, наоборот, чрезмерный учет повышения возможностей электронных устройств без роста их цен;
- и т. д.

Я не буду обсуждать все не слишком удачные попытки ООН, Комиссии Стиглица – Сена – Фитусси и других организаций внедрить новые, более адекватные показатели. Думаю, что столь же органичный (допускающий параллельное вычисление тремя способами) и столь же распространенный показатель, как ВВП, выработать никому не удастся. Поэтому будут применяться одновременно множество разных показателей, как и во времена до изобретения ВНП и ВВП, и не будет однозначного способа сравнения близких по объему экономик.

Поэтому момент, когда экономика Китая превзойдет по объему экономику США (случится это в обозримое время или нет), будет фиксироваться многократно различными журналистами и экспертами, но при этом не будет означать перехода лидерства к Китаю. Как максимум – начало эпохи перехода, как минимум – многократно повторяемый громкий газетный заголовок.

Таким образом, мой политико-экономический прогноз вполне соответствует второму варианту перехода через сингулярность (Сорнетте 2003). За ярким периодом конца холодной войны, краха СССР, сверхлидерства США и возвышения Китая следует начавшийся в 2008 г. длительный период безвременья, медленного отступления США, затухания импульса китайского взлета, прерываемый непредсказуемыми локальными событиями, достигающими масштаба «арабской весны» и даже более.

Темам научно-технических прогнозов свойственно меняться во времени. Начиная с 50-х гг. и вплоть до начала XXI в. излюбленной темой футурологов и фантастов были покорение космоса, посещение и освоение далеких планет, получение энергии и полезных ископаемых из космоса. И даже сигналы далеких цивилизаций и инопланетные пришельцы встречались не только в фантастических произведениях, но и в научной литературе. Однако когда стало понятно, что на нынешнем и даже ожидаемом в ближайшем будущем этапах развития техники космические полеты могут использоваться лишь в целях исследования Земли, мониторинга, наблюдения и связи, тема космоса перестала играть столь важную роль в футурологических сочинениях.

Другие важнейшие темы прогнозов последних десятилетий – искусственный интеллект, всемирное потепление и исчерпание ресурсов. На последней теме я остановлюсь подробнее, так как, с одной стороны, со времени докладов Римского клуба ее популярность не проходит, с другой стороны, она непосредственно примыкает к моим основным научным интересам.

В 1980 г. биолог П. Эрлих и экономист Дж. Саймон поспорили (Sabin 2013), что будет с ценами на полезные ископаемые. Либертарианец Саймон, считавший, что цены главным образом определяет технический прогресс, и соответственно они упадут, предложил Эрлиху, горячему приверженцу теории исчерпания ресурсов, выбрать 5 из 10 металлов, на которые должны подняться цены в течение 10 ближайших лет. Саймон выиграл с разгромным счетом – все пять металлов подешевели, но Эрлих, признав поражение, все равно остался при своем мнении. И примерно через 15 лет предчувствия Эрлиха оправдались – цены резко пошли вверх.

История этого спора, ставшего знаменитым, показывает, что динамика цен на полезные ископаемые, равно как и на другое сырье, не имеет определенного направления. Невозможно предсказать, каков будет итог взаимодействия трех групп факторов:

– факторы спроса, включающие как скорость экономического роста (в настоящее время – прежде всего развивающихся и среднеразвитых стран), так и, наоборот, успехи ресурсосбережения;

– факторы предложения, включающие как открытие новых месторождений, развитие технологий добычи, обогащения и транспортировки, так и исчерпывание легкодоступных богатых месторождений и сдерживание добычи из-за экологических ограничений;

– внешние финансовые и политические факторы, включающие политические риски прекращения поставок минеральных ресурсов к центрам их потребления, картельное регулирование цен, использование ограниченный поставок сырья как способа политического давления, денежное пред-

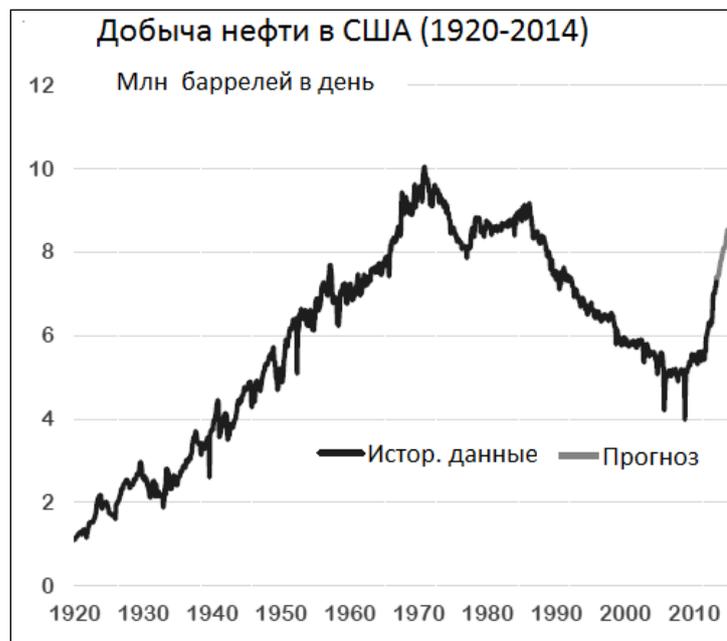
ложение, тезаврацию запасов сырья, финансовые спекуляции, образование «пузырей» на финансовых рынках и т. д.

Отсутствие устойчивой тенденции роста цен показывает, что нет оснований для панических выводов об исчерпании ресурсов. В то же время отсутствие обратной тенденции говорит о том, что лишь упорный труд инженеров и геологов позволяет поддерживать ресурсную базу. С этих позиций можно и нужно рассматривать другую расхожую теорию о пике нефти, газа, меди, кобальта и др.

На Рис. 7 показаны три примера распределения полезных ископаемых по себестоимости их получения в разных странах. В стране 1 размеры запасов монотонно возрастают по мере увеличения себестоимости добычи (попросту ухудшения качества), поэтому пики добычи могут вызываться лишь рваным ритмом развития технологий и изменениями конъюнктуры на мировом рынке. В стране 2 преобладают запасы с определенной себестоимостью, поэтому их исчерпание, скорее всего, приведет к классическому пику добычи по теории Хабберта (King Hubbert 1956). В стране 3 кривая распределения запасов имеет несколько пиков, поэтому можно ожидать, что объем добычи в этой стране пройдет через 2 или даже 3 пика. В качестве иллюстрации на Рис. 7 показан ход добычи нефти в США (Diamond 2013). Предполагается, что начавшийся рост добычи трудноизвлекаемой нефти тоже пройдет через пик; по мнению пессимистов, этого следует ожидать уже в 2017–2020 гг., оптимисты указывают на 2025–2030 гг. и более поздние сроки.



а)



б)

Рис. 7. Пример распределения полезных ископаемых по себестоимости добычи и добыча нефти в США в 1920–2014 гг.

Однако эта теория, вопреки общепринятым представлениям, не может быть распространена на мировую добычу (Рис. 8). Большой объем выборки делает кривую более плавной (как в стране 1), а исчерпание всех месторождений с определенной себестоимостью неминуемо ведет как к повышению мировых цен, так и к интенсификации исследований и разработок по освоению более дорогих и менее доступных запасов.

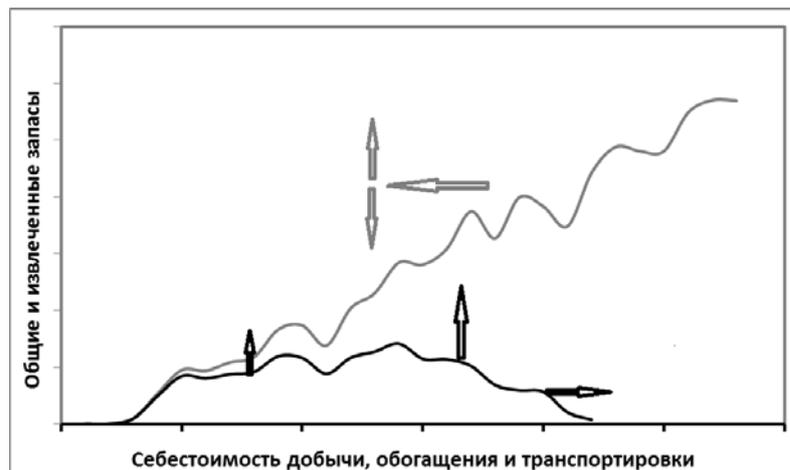


Рис. 8. Пример распределения общих и запасов по себестоимости добычи в мировом масштабе

В свою очередь через некоторое время это приведет к снижению цен и откроет перспективы увеличения объема мировой добычи. В качестве примера на Рис. 9 (Medium... 2011) показан вариант кривой распределения запасов нефти и «нефтеподобных» энергоносителей (неконвенциональной нефти). В то же время запасы конвенциональной нефти в крупных и сверхкрупных месторождениях на суше (основной источник нефти до настоящего времени) истощены до такой степени, что добыча на них уже падает (иногда это оценивается как уже пройденный мировой пик нефти), замещаясь разработками на шельфе и извлечением неконвенциональной нефти.

В целом развитие технологий сдвигает кривую распределения запасов влево, истощение запасов – вниз, а прирост запасов – вверх (Рис. 8). Движение кривой извлеченных запасов зависит от спроса и цены. При низких ценах в основном поднимается вверх левая (дешевая) часть заштрихованной области, при высоких ценах – обе части. При больших повышениях цен и спроса (например, нынешнем росте спроса на нефть в Китае и других быстроразвивающихся странах) кривая сдвигается не только вверх, но и вправо (начинают разрабатываться более бедные и труднодоступные месторождения). В свою очередь, истощивание дешевых запасов ведет к повышению цен и открывает перспективы разработки труднодоступных месторождений. Естественно, повышение цен влечет за собой не только развитие методов и рост объемов разведки и разработки, но также ресурсосбережение, в том числе вынужденное, связанное с потерей рентабельности ресурсоемких производств. Поэтому мировая добыча большей части полезных ископаемых характеризуется не наличием единственного пика, как следовало бы из теории Хабберта, а длительным, хотя

и неустойчивым, ростом, прерываемым периодами стагнации и даже небольших спадов. Реальные острые пики добычи встречаются лишь у тех полезных ископаемых, которые в существенной мере могут быть замещены другими, более дешевыми, и нужда в которых падает в связи с изменением технологий.

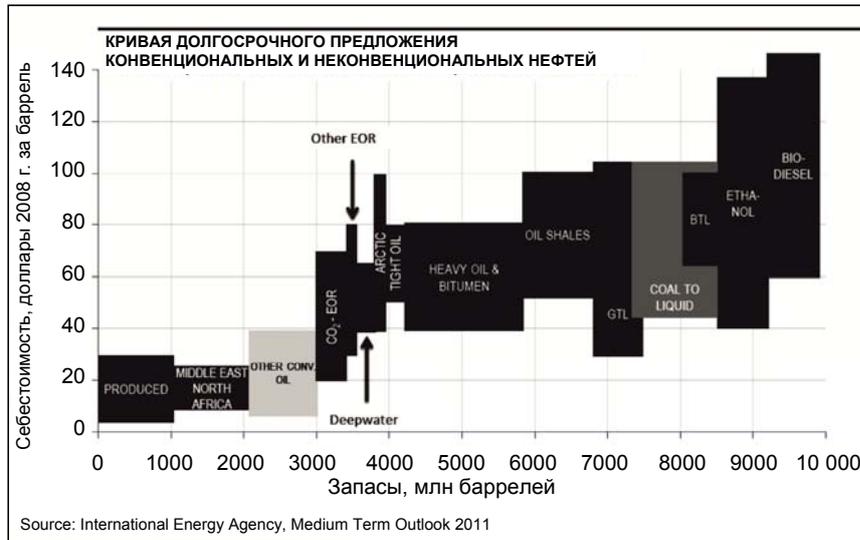


Рис. 9. Вариант оценки распределения запасов нефти по себестоимости добычи

Добыча энергетических ресурсов ограничена не только денежной, но и энергетической ценой. Если для добычи, переработки и транспортировки энергетических ресурсов требуется больше энергии, чем извлекается из них, то добыча теряет смысл ($EROEI = \text{Полученная полезная энергия} / \text{Затраченная энергия} < 1$). Однако этот простой принцип очень часто понимается чересчур расширительно. На самом деле в полной мере его можно распространить только на самые дешевые виды энергоносителей (в настоящее время это уголь и гидроэнергетика). Например, такие энергоносители, как взрывчатые вещества, порох, термиты, ракетные топлива и т. д., используются, несмотря на чистый проигрыш в энергии. Возможно, в дальнейшем в этот список войдут также бензин и другие относительно дорогие, но удобные и хорошо освоенные виды топлива.

Если придерживаться наиболее распространенной и вероятной теории органического происхождения месторождений углеводородов и угля, то запасы ископаемых видов топлива ограничены. Их образование было возможно лишь тогда, когда экосистемы не были полностью замкнутыми и неиспользуемое органическое вещество накапливалось в виде осадочных отложений и флюидов. Поэтому идея об исчерпании ископаемых

энергетических ресурсов не является абсурдной или лженаучной. Тем не менее такая ситуация весьма маловероятна в обозримом, доступном для прогноза времени. С одной стороны, слишком велика разница в объемах запасов самых доступных ископаемых энергетических ресурсов (исторически это выходы угольных пластов на поверхность) и самых труднодоступных (на сегодняшний день к ним относят газогидраты, чьи запасы в десятки раз превышают запасы конвенциональной нефти), с другой стороны, развитие технологий добычи, переработки и энергосбережения на протяжении всей человеческой истории обеспечивало переходы к использованию новых, более сложных и дорогих видов энергии. Поэтому разрывы в данном процессе (пики и следующие за ними периоды катастрофической нехватки энергии в мировом масштабе) имеет смысл учитывать лишь при построении прогнозов-предостережений, акцентирующих риски.

Большой опасностью, чем исчерпание минеральных ресурсов, представляется нехватка пресной воды, проявляющаяся в самых населенных странах мира. В то же время даже существующие на сегодняшний день возможности снижения водозатрат при поливе, опреснение морской воды, применение слабоминерализованных вод для технических целей и расширение производства сельскохозяйственной продукции в водоизбыточных регионах (Латинская Америка, Россия, Канада) могут смягчить или даже решить проблему нехватки продовольствия при умеренном росте народонаселения Земли. Основные проблемы нехватки воды или продовольствия заключаются прежде всего в том, что голодающая и недоедающая часть населения Земли не участвует в мировом товарообмене и не осознает природы своих проблем – необходимости ограничения рождаемости и поиска места в мировом разделении труда, все более осложняющегося с ростом производительности труда в развитых и быстроразвивающихся странах.

Предыдущие соображения не определяли фокус прогноза, а лишь указывали, где, по мнению автора, он не должен находиться. Теперь поступим наоборот: я приведу без предварительных объяснений свое видение главной темы середины XXI в., а затем объясню, почему считаю ее столь важной. Из этих объяснений будет понятно и основное содержание прогноза.

Итак, главной темой, на мой взгляд, станет генетическое вмешательство в природу человека, грозящее распадом единого вида *Homo sapiens* на несколько подвидов или даже видов, существенно отличающихся друг от друга в биологическом и социальном отношениях. Данная тема не является маргинальной и достаточно часто упоминается в различных прогнозах и научно-фантастических романах, но и не относится к топовым вроде перенаселения, исчерпания ресурсов, восстания роботов или всемирного потепления. Вероятно, впервые тема грядущего разделения человечества на разные категории, различные не только социально, но и биологически, была поставлена в *Прекрасном новом мире* О. Хаксли. В настоящее время с учетом современных реалий она наилучшим образом описана в замечатель-

ной книге Ф. Фукуямы *Наше постчеловеческое будущее* (Fukuяama 2003), к которой я еще буду обращаться ниже. Российский читатель в основном знаком с этой темой по роману И. Ефремова *Час быка*.

Теперь рассмотрим причины, которые, на мой взгляд, определяют важность данной темы для близкого будущего человечества.

1. Историю человечества можно понимать как ускоряющийся отход от своей биологической природы, в том числе в отношении действия естественного отбора. По средним оценкам до возраста родителей у палеолитических людей доживало от четверти до двух пятых родившихся детей. Разумеется, далеко не все погибшие дети и подростки имели генетические отклонения, однако такой отбор в достаточной мере вымывал вредные мутации. С переходом к производящему хозяйству и оседлому образу жизни процент не доживающих до взрослого состояния несколько уменьшился, зато во время эпидемий и/или кризисов перенаселения, войн и стихийных бедствий население сокращалось, и в том числе в ускоренном порядке гибли наиболее слабые и больные. Устойчивое увеличение процента выживших детей и подростков и, соответственно, ускорившийся рост всего населения происходит только в Новое время в Европе после кризисов середины XVII в. (Turchin, Nefedov 2009). В передовых странах (The Human Mortality Database 2013) уже в первой половине XIX в. до 20 лет доживает приблизительно 60 % родившихся. Успехи медицины XIX в. в вакцинации, асептике и антисептике увеличили долю доживающих до взрослого возраста до 75–80 %. Следующая медицинская революция, центральным пунктом которой в середине XX в. были антибиотики, сократила долю не доживших до 20 лет до 5 %. В настоящее время в развитых странах до взрослого возраста доживает 99–99,5 %, то есть естественный отбор среди живорожденных практически прекратился. Если учесть, что в настоящее время к живорожденным относят родившихся на сроке беременности от 22 недель с весом от 500 грамм, то выживают даже дети с заведомо повышенными рисками генетических отклонений.

Существуют разные мнения в отношении того, в какой мере прекращение естественного отбора среди живорожденных сказывается на накоплении мутаций (Reed, Aquadro 2006). По оценкам А. Кондрашова (2012), за поколение степень деградации составляет от 1–2 до 10 %, причем сам Кондрашев склоняется к верхней оценке. Многие другие биологи считают эти оценки завышенными, споры в Интернете (например, в блоге А. Маркова⁶) выявили большие разногласия, причем почти одинаковый разброс мнений наблюдался как среди биологов, так и среди дилетантов.

Основные аргументы против вырождения (или быстрого вырождения) из-за прекращения естественного отбора сводились к следующему.

⁶ См.: <http://macroevolution.livejournal.com/36027.html>; <http://macroevolution.livejournal.com/38950.html>.

а) «Запас живорожденных» главным образом страхует против вымирания в трудных условиях и позволяет быстро занять экологические ниши, но играет малую роль в устранении вредных мутаций.

б) Современная медицина позволяет элиминировать влияние умеренных генетических отклонений на физическое и психическое здоровье людей.

в) Утрата многих качеств, важных для существования в дикой природе, не сказывается на качестве жизни и возможностях человека в современном мире (например, некоторое снижение обоняния или зрения).

г) Половой отбор, сексуальная привлекательность наиболее полноценных людей, их достижения во многом заменяют естественный отбор.

В ответ приводились следующие контраргументы (дополненные соображениями автора).

а) Маловероятно, что гибель в детском и подростковом возрасте 60–75 % родившихся, естественно, включая наиболее больных и слабых, не имеет прямого отношения к естественному отбору. В частности, «недоношенность» и беспомощность человеческих детей по сравнению с детенышами других приматов указывает на то, что у человека сокращен внутритробный отбор поздних стадий беременности.

б, в) Если даже влияние умеренных генетических отклонений мало сказывается на здоровье первых поколений без отбора, то при дальнейшем накоплении вредных мутаций в следующих поколениях произойдет сложение накопленного ранее и дополнительного вредного «генетического груза».

г) Половой отбор предотвращал бы накопление вредных мутаций, если бы люди с генетическими отклонениями вообще выбывали с «брачного рынка», а не находили подобных себе и не производили с ними потомство примерно такой же численности, как полностью здоровые люди. Половой отбор при социальной поддержке больных и слабых способствует не вымыванию вредных мутаций, а расслоению человечества на разные «сорты» без всякого генетического вмешательства в природу человека.

Биологи наверняка найдут аргументы против этих социал-дарвинистских тезисов, а другие биологи – новую порцию контраргументов, но автор, далекий от биологических проблем, на этом прекращает обсуждение.

2. Кто бы ни был прав в предыдущем споре, вполне очевидно, что за ближайшие 25–50 лет вырождение человечества не достигнет катастрофических показателей, даже если современные лекарства и электромагнитное загрязнение эфира действительно ускоряют мутации. Для обсуждаемой темы острота отношения людей к проблеме важнее остроты самой проблемы.

Одна из главных причин спокойного отношения к возможности вырождения, рискам генетического уродства своих детей состоит в том, что распространение современной медицины, гигиены, норм питания и др. ведет не только к вырождению, но также к улучшению фенотипа. Причем

до самого последнего времени благотворное влияние акселерации на фенотип (а возможно, и на генотип, если меньшая заболеваемость инфекционными болезнями в детстве сокращает число мутаций следующего и последующих поколений) преобладало над негативным влиянием прекращения естественного отбора на генотип. Однако в настоящее время акселерация в развитых странах заканчивается, и вполне вероятно, что следующие поколения будут уже уступать предыдущим по физическим параметрам и превосходить их по доле детей с физическими и умственными отклонениями. Также вполне возможно, что часто отмечающийся в последние десятилетия рост количества дегенератов, аутистов, даунов и т. д. связан не только с более тщательной диагностикой и изменением критериев, но также с реальным накоплением мутаций.

Если общество через 15–20–30 лет будет более остро реагировать на обсуждаемые проблемы, то это увеличит вероятность и масштабы генетического вмешательства в природу человека.

3. В последнее время все более широкое распространение приобретают генетические методы лечения опухолей (генотерапия). В 2013 г. оба ведущих научных журнала, *Nature* и *Science*, дружно отметили генетические методы в онкологии как одно из главных научных достижений прошедшего года. По-видимому, в обозримое время генотерапия станет четвертым и наиболее безболезненным методом лечения рака наряду с хирургическим вмешательством, химиотерапией и облучением. Это, с одной стороны, способствует ускоренному развитию генетических методов в медицине (откуда уже недалеко до евгеники), а с другой стороны, повышает доверие общества к этим методам.

4. Снижающаяся эффективность главного достижения медицины XX в. и основного метода борьбы с инфекционными заболеваниями, антибиотиков, равно как и растущая вредность новых поколений антибиотиков заставляют медицинскую науку в ускоренном порядке искать новые методы лечения. И среди вероятных новых методов, идущих на смену антибиотикам, весьма важную роль играют генетические методы, что также ускоряет их развитие и повышает доверие общества к ним.

5. Последняя и, возможно, важнейшая причина и одновременно механизм распространения евгенических приемов приведена в вышеупомянутой книге Ф. Фукуямы. Он пишет о том, что желание родителей и прежде всего матерей, чтобы их ребенок был самым умным(ой), самым красивым(ой) и др. и ни в коем случае не родился идиотом, уродом или калеккой, является очень сильным мотивом, способным преодолеть суровые законодательные запреты. Если градус страха общества перед вырождением существенно возрастет, а генетические методы предотвращения уродств и/или улучшения породы станут доступными, то потом будет очень трудно загнать джинна обратно в бутылку.

Предполагая, что широкие опыты по коррекции генома человека пройдут в 2030–2040-е гг. нашего столетия, автор приходит к выводу, что реальные проблемы, связанные с появлением новых подвидов Homo

sapiens, возникнут уже в 2050–2060-е гг. Еще раз могут появиться проблемы, порожденные неумеренной защитой от евгеники. И тем не менее, хотя подобные перспективы обычно принято рассматривать в апокалиптическом ключе, трагический ход событий не обязателен. Но в любом случае возникнут новые, невиданные ранее проблемы. И если автор не ошибся в своих прогнозах, то за точкой сингулярности наступит совсем иная история.

Библиография

- Гринин Л. Е. 2007.** *Государство и исторический процесс. Эпоха образования государства: общий контекст социальной эволюции при образовании государства* / Ред. А. А. Акаев, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 277–336. М.: Красанд/URSS.
- Гринин Л. Е., Коротаев А. В., Цирель С. В. 2014.** Остановится ли китайский взлет? *Комплексный системный анализ, математическое моделирование и прогнозирование стран БРИКС: Предварительные результаты*. М.: Красанд.
- Гринин Л. Е., Марков А. А., Коротаев А. В. 2008.** *Макроэволюция в живой природе и обществе*. М.: ЛКИ/URSS.
- Гуревич А. Я. 1990.** «Жизнь после жизни», или Нечто о современности и средневековье. *Знание – сила* 11: 55–62.
- Дурново П. Н. 1922.** Меморандум. *Красная новь* 6: 178–199.
- Капица С. П. 1996.** Феноменологическая теория роста населения Земли. *Успехи физических наук* 166(1): 63–80.
- Князева Е. Н., Курдюмов С. П. 2000.** *Будущее и его горизонты: синергетическая методология в прогнозировании*. М.: Ин-т прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН.
- Коллинз Р. 2000.** Предсказание в макросоциологии: случай Советского Союза. *Время мира* 1: 234–278.
- Коллинз Р. 2002.** *Социология философий: глобальная теория интеллектуального изменения*. Новосибирск: Сибирский хронограф.
- Кондрашов А. С. 2012.** *Ослабление отрицательного отбора и будущее человека*. Выступление в Клубе «Антропогенез». URL: <http://antropogenez.ru/single-video-club/37>.
- 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, с. 116–167. М.: КомКнига/URSS.
- 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. 2007.** *Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура*. М.: КомКнига/URSS.
- Кьюблер-Росс Э. 2001.** *О смерти и умирании*. М.: София.

- Мальтус Т. 1993.** Опыт закона о народонаселении. *Антология экономической классики*. М.: ЭКОНОВ, Ключ.
- Мандельброт Б. 2002.** *Фрактальная геометрия природы*. М.: Ин-т компьютерных исследований.
- Мандельброт Б. 2004.** *Фракталы, случай и финансы*. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика».
- Марков А. В. 2003.** Соотношение таксонов разных рангов в ископаемой летописи и реконструкция видового разнообразия морской биоты фанерозоя. *Палеонтологический журнал* 2: 1–10.
- 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.
- Мищенко А. В. 2013.** *Ангрейд в сверхлюди: Технологическая гиперэволюция человека в XXI веке*. М.: URSS.
- Моуди Р. 1990.** *Жизнь после жизни*. М.: Интерконтакт.
- Назаретян А. П. 2004.** *Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории: Синергетика – психология – прогнозирование*. 2-е изд. М.: Мир.
- Нефедов С. А. 2007.** *Концепция демографических циклов*. Екатеринбург: УГГУ.
- Николаев Н. И. 1967.** *Тектонические движения и новейшие структуры земной коры*. М.: Недра.
- Новосельцев В. Н. 1990.** Оптические явления, наблюдаемые при стартах космических ракет. *Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана* 26(6).
- Панов А. Д. 2005.** Сингулярная точка истории. *Общественные науки и современность* 1: 122–137.
- Пестель Э. 1988.** *За пределами роста*. М.: Прогресс.
- 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, с. 324–345. М.: Наука.
- Подлазов А. В. 2009.** Режимы с обострением с комплексными показателями. Лог-периодические колебания в модели разрыва пучка волокон. *Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша*. № 35. Москва. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2009-35>.
- Поппер К. Р. 1993.** *Нищета историцизма*. М.: Прогресс V1A.
- Римский клуб. 1997.** *История создания, избранные доклады и выступления, официальные материалы* / Ред. Д. М. Гвишиани. М.: УРСС.
- Розов Н. С. 1995.** Возможность теоретической истории: ответ на вызов Карла Поппера. *Вопросы философии* 12: 55–69.
- Седов Е. А. 1988.** Информационные критерии упорядоченности и сложности организации структуры систем. *Системная концепция информационных процессов*: сб. трудов. Вып. 3. М.: ВНИИСИ.

- Седов Е. А. 1993.** Информационно-энтропийные свойства социальных систем. *Общественные науки и современность* 5: 92–100.
- Сорнетте Д. 2003.** *Как предсказывать крахи финансовых рынков: критические события в комплексных финансовых системах.* М.: Интернет-трейдинг.
- Татаринов Л. П. 1987.** *Очерки по теории эволюции.* М.: Наука.
- Хантингтон С. 2003.** *Столкновение цивилизаций.* М.: АСТ.
- Цирель С. В. 2005.** «QWERTY-эффекты», «path dependence» и закон иерархических компенсаций. *Вопросы экономики* 8: 19–26.
- Цирель С. В. 2008.** Заметки об историческом времени и путях исторической эволюции. *История и Математика: Модели и теории* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 246–278. М.: ЛКИ/URSS.
- Цирель С. В. 2009.** Скорость эволюции: пульсирующая, замедляющаяся, ускоряющаяся. *Эволюция: космическая, биологическая, социальная* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Марков, А. В. Коротаев, с. 62–98. М.: ЛКИ/URSS.
- Шанин Т. 1999.** Эксплоярные структуры и неформальная экономика современной России. *Неформальная экономика. Россия и мир* / Ред. Т. Шанин, с. 11–34. М.: Логос.
- Шиллер Р. 2013.** *Иррациональный оптимизм: Как безрассудное поведение управляет рынками.* М.: Альпина Паблишер.
- Юджовски Е. 2007.** *ИИ как фактор глобального риска* / пер. А. Турчина. URL: <http://www.proza.ru/2007/03/22-285>.
- Bonev I. 2013.** *The Truth about Foxconn's Foxbot Industrial Robots.* February 14. URL: <http://coro.etsmtl.ca/blog/?p=73>.
- Collins R. 1986.** *Weberian Sociological Theory.* New York: Cambridge University Press.
- Diamond R. 2013.** *U.S. Oil Production and Energy Security.* URL: <http://www.hks.harvard.edu/m-rcbg/cepr/Papers/2013/RobbieDiamondCEPR.pdf>.
- Foerster H. von, Mora P., Amiot L. 1960.** Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132: 1291–1295.
- Fukuyama F. 2003.** *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution.* New York, NY: Picador.
- Goldstone J. 1991.** *Revolution and Rebellion in the Early Modern World.* London: University of California Press.
- Huebner J. 2005.** A Possible Declining Trend for Worldwide Innovation. *Technological Forecasting & Social Change* 73(8): 980–986.
- 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.
- Johansen A., Sornette D., Wakita H., Tsunogai U., Newman W. I., Saleur H. 1996.** Discrete Scaling in Earthquake Precursory Phenomena: Evidence in the Kobe Earthquake, Japan. *J. Phys. I (France)* 6: 1391–1402.
- Kasparov G., Levchin M., Thiel P. 2012.** *The Blueprint Reviving Innovation, Rediscovering Risk, and Rescuing the Free Market.* London: Norton & Company Incorporated.

- King Hubbert M. 1956.** Nuclear Energy and the Fossil Fuels 'Drilling and Production Practice'. *American Petroleum Institute* 6.
- Kremer M. 1993.** Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics* 108: 681–716.
- Kurzweil R. 2005.** *The Singularity is Near*. Londjn Viking Penguin.
- Kuznets S. 1960.** Population Change and Aggregate Output. *Demographic and Economic Change in Developed Countries*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Maddison A. 2001.** *Monitoring the World Economy: A Millennial Perspective*. Paris: OECD.
- Marx K., Engels F. 1848.** *Manifesto of the Communist Party*. London.
- Meadows D. L. et al. 1972.** *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.
- Medium Term Outlook. 2011.** *OIL&GAS Market*. OECD/IEA.
- Pagel M., Venditti Ch., Meade A. 2006.** Large Punctuational Contribution of Speciation to Evolutionary Divergence at the Molecular Level. *Science* 314: 119–121.
- Peters E. E. 2003.** *Fractal Market Analysis*. New York: John Wiley&Sons, Inc.
- Polanyi K. 1977.** *The Livelihood of Man*. New York, NY: Academic Press Inc.
- Reed F. A., Aquadro C. F. 2006.** Mutation, Selection and the Future of Human Evolution. *Trends in Genetics* 22: 479–484.
- Sabin P. 2013.** *The Bet. Paul Ehrlich, Julian Simon, and Our Gamble over Earth's Future*. New Haven: Yale University press.
- Simon J. 1977.** *The Economics of Population Growth*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- The Human Mortality Database. 2013.** URL: www.mortality.org.
- 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.
- Turchin P. 2003.** *Historical Dynamics: Why States Rise and Fall*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Turchin P., Nefedov S. A. 2009.** *Secular Cycles*. Princeton; Oxford: Princeton University Press.
- World Robotics 2013.** URL: <http://www.worldrobotics.org/index.php?id=downloads>.
- Yan W., Woodard R., Sornette R. 2011.** *Diagnosis and Prediction of Market Rebounds in Financial Markets*. URL: <http://arxiv.org/abs/1003.5926>.