

ГЛОБАЛИСТИКА И ФУТУРОЛОГИЯ

А.В. ТУРЧИН

**Проблема стабильного развития
и перспективы глобальных катастроф**

В эпоху Просвещения и модернизации, целью которых было уничтожение голода, социального неравенства и авторитарной власти, в качестве одной из ведущих культурных ценностей в большинстве стран мира утвердилась либеральная *ценность прогресса*. С ней связывались надежды на преодоление традиционализма в общественной, политической и культурной жизни, застоя в экономике. Именно по критерию ценности прогресса сравнивались западные и восточные культуры. В этих условиях все более быстрое развитие науки, питающее прогресс техники и технологии, становилось идеалом, имеющим квазирелигиозный характер. Особенно завораживал самоподдерживающийся характер этого явления, ставший очевидным и устойчиво воспроизводимым в условиях рыночного хозяйства и развитого гражданского общества. Однако восторг по поводу прогресса как явления был недолгим.

Уже в конце XIX–начале XX в. эта идеологическая позиция была подвергнута критике: бурный линейный процесс саморазвития порождал экономические, социальные, политические, военные кризисы, которые не только не помогали снимать некоторые из противоречий, но и оборачивались необратимыми, в частности человеческими, потерями. Оптимизм эпохи Просвещения сменился нарастающим пессимизмом, эпоха утопий – эпохой антиутопий (особенно с 1960-х гг.). В 2008 г. несколько событий в самых разных сферах еще более усилили интерес к проблеме рисков. Это намечавшийся запуск Большого адронного коллайдера, резкий скачок вверх, а затем столь же резкое падение цен на нефть, выделение метана в Арктике, война России с Грузией и, наконец, мировой финансовый кризис. Все яснее люди осознают хрупкость окружающего мира. С углублением экономического кризиса у людей усиливаются настроения тревоги, общей неопределенности, обостренными тем, что этот кризис опирается также на экологические, демографические, политические и военные факторы, ведет к масштабным геополитическим и геоэкономическим сдвигам [Пантин, 2009]. В условиях такого масштабного кризиса снова и снова встает вопрос о соотношении самоподдерживающегося и регулируемого стабильного развития, в котором главную роль играет государство.

В теоретическом плане, в рамках системного подхода, эта антитеза сводится к противопоставлению процессов с *положительной обратной связью* (когда изменение сигнала на выходе системы ведет к такому изменению сигнала на входе, которое способствует дальнейшему отклонению выходного сигнала от первоначального значения и процесс становится *самоусиливающимся*), процессам с *отрицательной обратной*

Турчин Алексей Валерьевич – эксперт по глобальным катастрофам Российской трансгуманистического движения, аспирант Института Африки РАН.

связью (когда входной сигнал изменяется таким образом, чтобы противодействовать изменению выходного сигнала, а процесс становится *саморегулирующимся*) [Положительная...; Отрицательная...]. Однако надо видеть, что переход от ориентации на положительную обратную связь к ориентации на отрицательную обратную связь проблемы не решает: идеалом процессов с отрицательной обратной связью является *гомеостаз*, а значит, застой.

Как же совместить поступательный характер развития и его устойчивость? Это ключевая проблема, с которой человечество столкнулось на рубеже XXI в. и которая наиболее ярко проявилась в период текущего экономического кризиса. При этом угроза со стороны процессов с положительной обратной связью остается не до конца осмысленной. Основой переосмысления либеральных подходов в этих условиях должна быть *ценность меры*, тонкого регулирования взаимодействий в системе. Ф. Спир пишет в связи с этим о *коридоре безопасного роста* энерговооруженности человечества, при котором потоки энергии должны быть достаточно большими для того, чтобы обеспечить биологические и социальные потребности людей, но недостаточно большими, чтобы люди страдали от их действия [Спир, 2009].

Для того чтобы конкретизировать этот общий подход, необходимо обратиться к самым опасным проявлениям глобальных кризисов – глобальным катастрофам, связанным с нерегулируемыми, лавинообразными процессами в мировой науке и экономике: информационной революцией, наступающими эпохами био- и нанотехнологий. Только осознав масштабы угрозы, можно научиться ее предсказывать, а также говорить об адекватных социальных мерах борьбы с ней.

Условия глобальных катастроф

В последние десятилетия предложено несколько моделей глобальных угроз, которые могут привести к катастрофам максимально большого масштаба, ведущим к вымиранию человечества. В дальнейшем я буду называть такие события “глобальными катастрофами”. Какие факторы усугубляют их опасность?

Имеется прямая связь между неограниченностью положительной обратной связи и глобальностью риска. Неограниченность положительной обратной связи возникает в том случае, когда самоусиливающийся процесс не сопровождается *конкурирующими тормозящими процессами*, что возможно лишь при возникновении в них некоего принципиально нового качества, *до того отсутствовавшего в системе*. Например, гипотетическая микроскопическая “черная дыра”, возникнув при эксперименте на Большом адронном коллайдере, обладала бы новым качеством, до того отсутствовавшим на Земле, и поэтому могла бы расти неограниченно, не встречая сопротивления. Подобную роль могут сыграть и биоядные нанорепликаторы – “серая слизь” [Freitas, 2000].

Условие для возникновения качественно новых явлений, не встречавшихся до того в природе, – человеческая деятельность, и в первую очередь – технический прогресс и экономическое развитие. Более того, здесь принципиальную роль играет эффект ускорения прогресса, который приводит ко все большему разрыву между новым и старым. В результате новое оказывается настолько качественно превосходящим старое, что без труда может превратить это качественное превосходство в количественное. Данный процесс имеет как научно-технический, так и социальный аспект. Если первый связан с довольно простыми формулами экспоненциального роста числа бактерий, транзисторов на чипе или массы “черной дыры”, то второй связан с явной неспособностью человеческой цивилизации адекватно предвидеть свое будущее в условиях быстрых изменений.

Этот эффект исследовал Н. Бостром в статье “Технологические революции: политика и этика во тьме” [Bostrom, 2007]. Человеческий мозг в значительной степени сформировался в ходе эволюционного процесса, проистекавшего в принципиально других условиях, чем нынешнее время [Дольник, 2009], и человеческое поведение,

а также социальные структуры оказываются не способны адекватно воспринять все ускоряющийся темп изменений, вызывают несколько уровней шока будущего [Тоффлер, 2002]. Мозг человека привык к *замедляющимся изменениям*: традиционно максимум новой информации он получал в начале жизни, когда процессы обучения наиболее активны, а к старости оказывался в относительно привычном и неизменном мире. Наоборот, в современном мире от человека требуется способность адаптироваться к ускоряющимся изменениям, в первую очередь, в области средств обработки информации.

В статье “Когнитивные искажения, влияющие на оценку рисков” исследуется то, как различные психологические искажения могут приводить к недооценке будущих глобальных рисков [Юджовски, 2008⁶]. В частности, людям свойственно пренебрегать вероятностями, меньшими, чем 1 к 100 000, им трудно воспринимать концепцию экспоненциального роста, который они стараются аппроксимировать с помощью линейных моделей (притча о шахматной доске и рисовыми зернышками на ней, количество которых возрастало в геометрической прогрессии, и шах не смог этого предвидеть). В статье “О возможных причинах недооценки рисков гибели человеческой цивилизации” [Турчин, 2007] я рассмотрел список из примерно 100 когнитивных искажений, которые могут влиять на оценку рисков глобальной катастрофы.

Помимо эволюционно запрограммированных когнитивных искажений, “записанных” в человеке на уровне генокода, есть также уровень социальной организации, которая эволюционирует вместе с человеческим обществом. Ее цель – компенсировать исходные человеческие качества с тем, чтобы сделать человеческое общество более устойчивым. Один из аспектов такой социальной оптимизации выражен в гипотезе о техно-гуманитарном балансе А. Назаретяна [Назаретян, 2001].

Другим способом компенсировать естественно присущие человеку когнитивные искажения, на этот раз в области построения адекватной модели мира, является критический научный метод, ориентированный на последовательное преодоление когнитивных искажений. Баланс сил сдерживания и сил разрушения – весьма тонкое взаимодействие положительной и отрицательной обратной связи в глобальной системе, и экспоненциальный рост сил разрушения требует адекватной коррекции сил сдерживания, что оказывается весьма сложным в условиях информационной перегрузки и разобщенности, имеющих место в современном обществе.

Возможность катастрофы: современный взгляд

На рубеже тысячелетий оценки перспективы глобальных катастроф значительно изменились. Еще в 1981 г. в книге А. Азимова “Выбор катастроф”, содержавшей первую попытку систематизации глобальных рисков, основное внимание уделялось отдаленным опасностям, вроде расширения Солнца, а главный пафос состоял в способности человека преодолеть эти риски [Азимов, 2002]. В 1996 г. вышла книга канадского философа Дж. Лесли “Конец света. Наука и этика человеческого вымирания”, в которой столь оптимистический взгляд был радикально пересмотрен. Автор проанализировал все новые открытия с точки зрения гипотетических сценариев катастроф, в том числе проблему опасной активности нанороботов и теорему о конце света (Doomsday argument, DA, как следствие антропного принципа, выдвинутого Б. Картером в 1983 г.). На основе этого Лесли (популяризатор идей Картера) делает вывод, что шансы вымирания человечества в ближайшие 200 лет весьма велики и составляют 30% [Leslie, 1996]. С этого момента интерес к теме постоянно растет, и обнаруживаются все новые и новые потенциально катастрофические сценарии.

Из многих примеров остановлюсь на двух. Дж. Лавлок и независимо от него А. Карнаухов в России развивают теорию о возможности глобального потепления в новой, необратимой форме. Суть ее в том, что если наблюдаемое сейчас потепление, связанное с накоплением углекислого газа в атмосфере, превысит некоторый очень небольшой порог (1–2°), то огромные запасы гидратов метана на морском дне и в

тундре, накопившиеся там за время недавних оледенений, начнут выделяться в атмосферу. Метан – в десятки раз более сильный парниковый газ, чем углекислый, и это может привести к дальнейшему росту температуры Земли. В результате активизируются другие цепочки с положительной обратной связью. Например, возрастет количество пожаров на суше с большим выделением CO_2 , дальнейшее потепление спровоцирует рост температуры Мирового океана, вследствие чего упадет растворимость CO_2 и его содержание в атмосфере будет нарастать, начнут образовываться бескислородные области в океане, где выделяется метан... [Lovelock, 2006; Карнаухов, 1994]. И это отнюдь не только гипотеза: в сентябре 2008 г. было обнаружено реальное выделение пузырьков метана, поднимающихся столбами со дна Ледовитого океана.

Наконец, надо отметить, что водяной пар – тоже парниковый газ, и с ростом температур его концентрация будет расти. В результате температура может повыситься на десятки градусов, произойдет парниковая катастрофа, и все живое погибнет. Хотя это не неизбежно, риск такого развития событий – наихудший возможный результат с максимальным ожидаемым ущербом.

В. Виндж выдвинул идею Технологической Сингулярности – гипотетического момента в будущем, когда интеллект компьютеров превзойдет человеческий. Он предполагает, что это событие произойдет до 2030 г. Сверхчеловеческий искусственный интеллект (ИИ) крайне опасен, так как он будет обладать способностью переигрывать людей в любом виде деятельности, а значит, и уничтожить их. Поэтому встает задача так запрограммировать ИИ, чтобы он не захотел этого делать, то есть создать так называемый Дружественный ИИ [Vinge, 1993]. Эту проблему исследует Институт Сингулярности в Калифорнии, ведущий научный сотрудник которого Е. Юджовски написал несколько работ о проблемах безопасности ИИ [Юджовски, 2008^a].

В XXI в. основной задачей исследователей стало не перечисление различных возможных глобальных рисков, а анализ общих механизмов их возникновения и предотвращения. Выяснилось, что большинство возможных рисков связано с ошибочными знаниями и неверными решениями людей. Точно так же и в современной медицине стали исследовать не только разные болезни, но и общие подходы к проблеме человеческой смертности. Выяснилось, что в первую очередь необходимо бороться со старением, повышать культуру безопасности (разъяснять опасность курения и ожирения, необходимость использования пристяжных ремней в машинах и т.п.), улучшать моральное самочувствие человека (в депрессии он не будет заботиться о своей безопасности) плюс радикально продлевать жизнь за счет киборгизации и крионики. На подобной же логической основе базируется необходимость глобальных проектов вроде хранилища семян в Норвегии.

Предвидение социально-экономических катастроф

Крах мировой социально-политической системы в духе теории хаоса предполагает цепную реакцию, где один сбой следует за другим, образуя лавину. Например, это модель развития событий, которая наблюдалась в середине XX в., когда экономическая депрессия и нехватка ресурсов ведут к войне, война – к скачку инвестиций в прорывные военные разработки, а затем к применению принципиально нового оружия. Затем открываются физические возможности для полного уничтожения мира (кобальтовая бомба) и создаются подходящие для этого военно-политические доктрины (вроде взаимного гарантированного уничтожения). Возможно, что кризис ипотечного кредитования, пик уровня добычи нефти, обусловленный физической ограниченностью ее запасов, и ряд других современных проблем – первые стадии такой геополитической цепной реакции.

Цепная реакция лежит также в основе экономических кризисов вообще и начавшегося сейчас мирового экономического кризиса в частности. Пример цепной экономической реакции – паника на бирже и бегство клиентов из банка. Чем больше людей продают акции, тем больше падает их цена, что вызывает еще большую панику и

вынуждает продавать тех, кто этого и не хотели. В нынешней ситуации прохождение пика цен на американском рынке недвижимости запустило каскад самоусиливающих процессов. Чем больше неплатежеспособных кредиторов вынуждено продавать свои дома, тем больше домов на рынке, тем ниже их цена, тем большему числу людей выгодно перестать выплачивать ипотечный кредит и продать дом; кроме того, тем хуже положение банков, тем ниже рост экономики, тем больше безработных, что опять-таки приводит к тому, что они продают свои дома, и т.д.

При анализе подобных процессов особенно важно, что положительная обратная связь создает схожие проблемы не только в развитии общеэкономических процессов, но и в более частных явлениях, например в кредитном цикле X. Мински. По мнению последнего, кредитная система в процессе ее развития становится мощным дестабилизирующим фактором экономики. Она развивается как финансовая пирамида, то есть учреждение, которое может выплачивать старые кредиты, только постоянно привлекая все новых кредиторов. Чтобы такое учреждение могло функционировать сколько-нибудь долгое время, его долг тоже должен экспоненциально расти. Этот тип заемщиков (“заемщики Понци”, названные по имени создателя крупнейшей финансовой пирамиды 1920-х гг.) начинает закономерно доминировать в процессе стабильного развития экономики, но в конце концов оказывается неплатежеспособным, и тогда возникает “момент Мински” – крах экономической системы.

В последнее время финансовые аналитики как в США, так и в России связывают современное кризисное состояние мировой финансовой системы с “моментом Мински”. В результате появляется необходимость переоценки всей капиталистической системы и деятельности свободного рынка. “Цена капитализма, – указывает американский экономист Р. Барбера, – складывается из стоимости формирования финансового пузыря и стоимости спасения сектора правительством после того, как этот пузырь лопнул” (цит. по [Момент...]). Рост кредитного пузыря – также самоусиливающийся процесс, поскольку чем больше долгов набрано, тем больше денег нужно для их обслуживания.

Если предположить, что развитие событий в начале XXI в. аналогично процессам XX в. (то есть считать первый кризисный 2008 г. за новый 1929 г.), то можно предсказать, что до новой “атомной бомбы” осталось 16 лет (то есть она будет создана в 2024 г.), до идеи новой кобальтовой бомбы – 21 год (в 2029 г.), а до нового Карибского кризиса, реально ставящего мир на грань уничтожения, – почти 33 года (2041 г.). Такие цифры не следует считать сколько-нибудь достоверным пророчеством, но ничего лучше этих оценок у нас пока нет. Нетрудно заметить, что полученные цифры близки к датам ожидаемой Технологической Сингулярности.

Можно предположить, что в случае гипотетического “кризиса кризисов”, то есть глобального кризиса, который объединит в себе все отдельные (экономические, политические, военные, экологические) кризисные явления, цепная реакция будет состоять из серии разнородных цепных реакций. Мы видим это, например, в экономике, где бегство клиентов из одного конкретного банка – лишь эпизод в разворачивающемся глобальном кризисе всех областей хозяйствования.

В синергетике есть точные математические модели описываемых здесь процессов, называемые “режимами с обострением”. Речь идет о процессах, при которых одна или несколько моделируемых величин обращаются в бесконечность за конечный промежуток времени [Капица, Курдюмов, Малинецкий, 2001]. Однако ввиду неопределенности данных и моделей, касающихся будущих глобальных катастроф, трудно сказать, какие именно из этих количественных моделей здесь подходят.

Гиперболический рост очевидным образом сталкивается с ограниченностью любого ресурса, что потенциально создает катастрофическую ситуацию. В принципе эта проблема разрешима и через сберегающие технологии, и через скачок на новый технологический уровень, но важно то, что и в этих случаях рано или поздно проблемная ситуация способна вновь возникнуть за счет других форм положительной обратной связи.

Препятствия для возникновения глобальных кризисов

Интересно понять, какие силы *препятствуют* возникновению цепных реакций – ведь в большинстве случаев в реальности глобальные катастрофы не происходят или оказываются ограниченными по масштабам. На примере ядерной реакции можно понять, что для начала цепной реакции нужно наличие “критической массы” и отсутствие “предохранительных стержней”. Развитию экспоненциальных процессов мешает также ограниченность ресурса для их роста и/или наличие других самоусиливающих процессов, “тянущих” в противоположную сторону, в результате чего возникает *динамическое равновесие*. Для того чтобы цепная реакция развивалась беспрепятственно, она должна доминировать, быть процессом качественно более высокого уровня энергии, на который не могут влиять силы нижнего уровня. Быстрые скачки в развитии технологий создают возможность именно для таких неуправляемых процессов.

В России процессы с положительной обратной связью исследуются в первую очередь в синергетике, и здесь следует обратить внимание на доклад Е. Куркиной “Конец режимов с обострением. Коллапс цивилизации”. Автор развивает идеи гиперболического роста населения и ускорения исторического времени, предложенные С. Капицей и С. Курдюмовым. Куркина пишет, в частности, что “режим с обострением раньше или позже заканчивается, не дойдя до момента обострения, потому что с неизбежностью включаются факторы, ограничивающие рост функции до бесконечности. Развитие нашей цивилизации в режиме с обострением почти полностью исчерпало себя, подойдя по многим параметрам к своему пределу, теперь начинается другая эпоха” [Куркина, 2007]. Синергетика показывает, что вблизи режимов с обострением увеличивается роль малых возмущений и все сложные структуры вблизи режимов с обострением распадаются. Различные математические модели режимов с обострением в глобальном плане рассмотрены в ее новой статье [Новое... 2007].

Однако современное исследование глобальных рисков, проводимых в рамках синергетики, в первую очередь сосредоточено на росте населения и исчерпании ресурсов, тогда как режимы с обострением, связанные с новыми технологиями, в значительной степени игнорируются. Это объясняется, вероятно, тем, что риски, создаваемые новыми технологиями, гораздо труднее оценить количественно или хотя бы доказать их реальность. При этом не может не обратить на себя внимание тот факт, что множество разных процессов с обострением должны произойти примерно в одно и то же время – в районе 2030 г.: это и создание способного к саморазвитию ИИ, и исчерпание ресурсов, и график технологических революций по А. Панову [Панов, 2007].

Подобное уплотнение событий я бы назвал “кризисом кризисов” – то есть кризисом, отдельными элементами которого выступают не какие-либо свойства системы, а другие кризисы. (Об этом я пишу в книге “Структура глобальной катастрофы”, которая готовится к печати.) Панов называет это событие *кризисом планетарного цикла истории*. Он состоит в том, что сама модель следующих друг за другом со все большей частотой кризисов завершится. Очевидно, что должна быть некая общая причина, приводящая ряд внешне не связанных факторов к кризису в примерно одно и то же время. Такой причиной, вероятно, является рост сложности, или, иначе говоря, самоусиливающийся рост суммарного интеллекта цивилизации, благодаря которому она почти одновременно доходит как до пределов доступных ей ресурсов и количества носителей, так и оказывается способной к созданию качественно новых явлений (ИИ и нанотехнологии).

Стратегии предотвращения глобальных кризисов

Риски глобальных катастроф требуют международных усилий по их предотвращению. Особенность рисков с мощной положительной обратной связью состоит в том, что они могут формироваться крайне быстро и требуют решительных усилий по их ликвидации еще в зародыше, так как потом будет уже поздно. То есть речь идет

о создании *глобальной системы, работающей в режиме отрицательной обратной связи*. Чтобы искоренять риски в зародыше, а еще лучше до их возникновения, требуется сочетание двух мощных социальных инструментов: средств прогнозирования и международной системы принятия обязательных для всех решений. Основная проблема в прогнозировании состоит не в самом создании прогноза, а во взаимодействии между создателями прогноза и лицами, принимающими решения. Последние должны выделять среди массы прогнозов именно те, которым следует уделить наибольшее внимание. Задним числом всегда найдется тот, кто скажет: я предупреждал о нависшей угрозе.

Чтобы не быть голословным, можно рассмотреть ситуацию с распространением гриппа А/Н1N1 – типичного неограниченного экспоненциально растущего глобального процесса. Он не является глобальным риском только потому, что смертность от него относительно невелика (правда, летальность может резко возрасти к концу 2009 г., как бывало и при прошлых пандемиях гриппа). Однако уже многие годы существует некоммерческая организация (Flutrackers.com Inc.), занимающаяся сбором информации о рисках птичьего гриппа H5N1. Ее члены считают, что весьма велик риск глобальной пандемии с летальностью от птичьего гриппа (которая равна 60%). Эта организация ведет учет сообщений о птичьем гриппе и других новых формах гриппа из разных стран. Это не единственная организация такого рода.

Кроме того, существует ВОЗ, которую можно условно считать глобальным органом, ответственным за принятие решений и ключевым элементом механизма отрицательной обратной связи в области распространения инфекций. После возникновения гриппа А/Н1N1 в апреле 2009 г. в Мексике сразу стало понятно: число заболевших растет экспоненциально. Это позволяло сделать прогнозы о большом числе заболевших в ближайшие месяцы. Однако ВОЗ решила не объявлять пандемии до того, пока реальное число заболевших не достигнет значительной величины и болезнь не распространится по всей планете. Это было связано не только с неуверенностью в том, что пандемия будет (все эксперты утверждали, что это произойдет), а с политическими последствиями объявления пандемии. ВОЗ стремилась не создавать ненужной паники в условиях, когда все силы пропаганды по обе стороны Атлантического океана были брошены на обнаружение экономических “зеленых ростков”, означающих выход из финансового кризиса.

Иначе говоря, в начале экспоненциально растущего процесса очень велика неопределенность: действительно ли это самоусиливающийся процесс и, главное, нет ли в нем мощных самоограничителей (и в большинстве случаев такие самоограничители находятся). Все это затрудняет действие механизмов отрицательной обратной связи (и работу организующих их институтов). К тому моменту, когда масштаб процесса становится понятен, ограничить его становится гораздо сложнее.

* * *

Таким образом, мы могли убедиться, что самоусиливающиеся процессы с положительной обратной связью – основной механизм будущих глобальных рисков. В ходе таких процессов информационно-энтропийный [Седов, 1993] баланс цивилизации резко нарушается: происходит полное разрушение накопленной информации за счет перехода на качественно новый уровень с низкой энтропией, однако при этом лишенный какого-либо осмысленного содержания (как произошло бы при коллапсе вещества Земли в микроскопическую “черную дыру”, которая характеризуется только одним простым качеством – массой). Это значит, что следует уделять наибольшее внимание тем аспектам исторического и научно-технического прогресса, где могут возникнуть такие неограниченно растущие цепные реакции, и выстраивать такие глобально институционализированные формы отрицательной обратной связи, которые могут компенсировать издержки саморазвития и гарантировать безопасность и устойчивость прогресса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Азимов А.* Выбор катастроф. М., 2002.
- Дольник В.Р.* Непослушное дитя биосферы. М., 2009.
- Капица С., Курдюмов С., Малинецкий Г.* Синергетика и прогнозы будущего. М., 2001.
- Карнаухов А.В.* К вопросу об устойчивости химического баланса атмосферы и теплового баланса Земли // Биофизика. Т. 39. Вып. 1. М., 1994.
- Кортаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А.* Законы истории. Математическое моделирование развития Мир-системы. Демография, экономика, культура. М., 2007.
- Куркина Е.С.* Конец режимов с обострением. Коллапс цивилизации. Доклад на международной конференции “Путь в будущее – наука, глобальные проблемы, мечты и надежды”. 2007 (<http://spkurdyumov.narod.ru/kurkinaes.htm>).
- Момент Мински // Новости рынка Forex (<http://orex-economix.com/?p=483>).
- Назаретян А.П.* Цивилизационные кризисы в контексте Универсальной истории. М., 2001.
- Новое в синергетике. Новая реальность, новые проблемы, новое поколение. М., 2007.
- Отрицательная обратная связь // Википедия. Свободная энциклопедия (<http://ru.wikipedia.org>).
- Панов А.Д.* Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI). М., 2007.
- Пантин В.И.* Факторы дестабилизации современного мирового порядка и политические риски для России // Общественные науки и современность. 2009. № 5.
- Положительная обратная связь // Википедия. Свободная энциклопедия (<http://ru.wikipedia.org>).
- Седов Е.* Информационно-энтропийные свойства социальных систем // Общественные науки и современность. 1993. № 5.
- Спир Ф.* Универсальная история: энергетический подход к повышению и снижению сложности // Общественные науки и современность. 2009. № 6.
- Тоффлер Э.* Шок будущего. М., 2002.
- Турчин А.В.* О возможных причинах недооценки рисков гибели человеческой цивилизации // Проблемы управления рисками и безопасностью. Труды Института системного анализа РАН. Т. 31. М., 2007.
- Юдковски Е.* Искусственный интеллект как позитивный и негативный фактор глобального риска // Диалоги о будущем. Т. 1. М., 2008^a.
- Юдковски Е.* Систематические ошибки в рассуждениях, потенциально влияющие на оценку глобальных рисков // Диалоги о будущем. Т. 1. М., 2008^b.
- Bostrom N.* Technological Revolutions: Ethics and Policy in the Dark // Nanoscale: Issues and Perspectives for the Nano Century. New York, 2007.
- Freitas R.A.* Some Limits to Global Ecophagy by Biovorous Nanoreplicators, with Public Policy Recommendations. Manuscript. 2000. April.
- Leslie J.* The End of the World: The Science and Ethics of Human Extinction. New York, 1996.
- Lovelock J.* The Revenge of Gaia. London, 2006.
- Vinge V.* The Coming Technological Singularity // Whole Earth Review. 1993. Winter issue.