

Механизмы аутопоэзиса в системном базисе техногенного мира

Статья посвящена проблеме коэволюции техногенной среды, человека и социума. Рассматривается влияние на человека и общество новых информационно-сетевых технологий. Показано возникновение технобиотического этапа эволюции человеческой цивилизации. Предложена концепция тотальной аутопоэтичности человекоразмерных систем. Дана авторская интерпретация возникающих в техногенной среде, человеке и обществе явлений аутопоэтической самоорганизации и взаимоориентации систем. Показан механизм их конструирующего влияния на развитие глобальной техногенной среды и человека.

Ключевые слова: автоэволюция; аутопоэзис; интернет вещей; коэволюция; сознание; технобиод; техногенный мир.

MECHANISMS OF AUTOPOIESIS IN THE SYSTEM BASIS MAN-MADE WORLD

The article is devoted to the problem of co-evolution of man-made environment, and human society. We explain the information and network technologies impact both on mankind and society. Our main goal is to show the techno-biology stage of human civilization evolution and present the concept of total human-authopoietic systems. We present the interpretation of autopoietics self-orienting and intersystem interactions arising from man-made environment. We describe the mechanism of environmental systems dynamics which organizes the development of global man-made environment and human health.

Keywords: autoevolution; autopoiesis; Internet of Things; coevolution; consciousness; tehnbiod; technogenic world.

Введение

Проблема управляемой эволюции человека и человеческой цивилизации в ее техногенных формах является ведущей во всех сферах научно-технического, педагогического и философского знания. От вариантов ее решения зависит наше настоящее и будущее, методы и формы обучения и самообучения человека, способы включения его в искусственную среду жизнедеятельности, свойства самой среды.

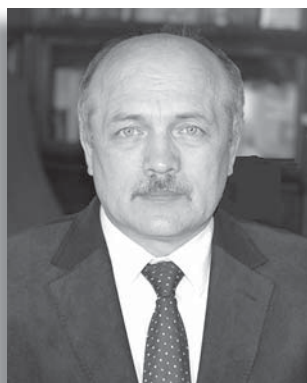
В последнее время в психологическом и педагогическом гуманитарных дискурсах наблюдается интерес к техническим и инженерным дисциплинам, связанным с конвергентными, сетевыми и информационными технологиями, формирующими мир будущего. Уклон в сферу технологий и инженерного труда объясняется ожиданием

и верой гуманитариев в появление новых возможностей человечества, обусловленных развитием настоящего этапа техногенной цивилизации. Одновременно возникают и опасения, связанные с возможным негативным влиянием технологий на психическую сферу и здоровье человека. Существует устойчивое мнение о положительном влиянии технического прогресса на все стороны жизни населения, что питает публикационную активность в сфере инноваций и новых методов обучения.

Вместе с тем необходимо отметить, что базовые принципы, лежащие в основе техно-феномена человека, технонауки и технологии, приводящие к уникальным возможностям человечества по целенаправленному влиянию на природу и общество, изучены недостаточно. Мы по настоящее время плохо пред-

ставляем себе природу творческой и созидательной активности и продуктивности человека и общества в создании современного варианта техногенной цивилизации, не понимаем причин эффектов научения и порождения знаний, используем модели простого мира, основанные на декартовых представлениях и здравом смысле. Этого недостаточно для организации деятельности в сложном информационном обществе. Можно говорить о низкой эффективности популярных в научной и инженерной среде системных моделей, созданных на основе классической рациональности, при объяснении работы когнитивных и конструирующих механизмов живых и социальных систем.

Попытаемся восполнить возникающий методологический пробел, используя постнеклассические системные представления в психоло-



Сергей Федорович Сергеев,
д.пс.н., профессор
Тел.: (911) 995-09-29
Эл. почта: ssfpost@mail.ru
Санкт-Петербургский
государственный университет,
Санкт-Петербургский
государственный политехнический
университет
www.spbu.ru; www.spbstu.ru

Sergey F. Sergeev,
Doctor of Psychology Science, professor
Tel.: (911) 995-0929
E-mail: ssfpost@mail.ru
Saint Petersburg state University
www.spbu.ru

гии, педагогике и инженерии, связанные прежде всего с самоорганизующимися системами аутопоэтического типа, к которым традиционно относятся живые организмы и социальная коммуникация [1, 2].

Основным методом, использованным в настоящем исследовании, служит теоретический анализ проблемы эволюции человека и психики в условиях развития техногенной среды, рассматриваемой с точки зрения развиваемой автором постнеклассической психологии, основанной на базе философских представлений эпистемологического конструктивизма [3–5]. Рассматриваются вопросы самоорганизации и функционирования человека в эволюционирующей техногенной среде.

Использованы системные и методологические подходы и идеи радикального и социального конструктивизма и конструкционизма. Их суть изложена в работах В.И. Аршинова, П. Бергера, К.Дж. Джерджена, Т. Лукмана, Н. Лумана, В.Г. Буданова, Ф. Варелы, Л.С. Выготского, Ф. Капры, В.Е. Ключко, Е.Н. Князевой, С.П. Курдюмова, В.А. Лекторского, Н. Лумана, У. Матураны, Г. Рота, Ж. Пиаже, В.С. Стёпина, Х. фон Фёрстера, Г. Хаккена и др.

1. Аутопоэзис и тотальная аутопоэтичность человекообразных систем

С точки зрения классической естественной науки живая система может быть представлена в виде самоорганизующегося циклического процесса, ведущего к возникновению существующей во времени и пространстве фиксированной организации исторического типа, проявляющей свойства динамической системы с переменными структурой, функциями и элементами. Такие системы Хайнц фон Фёрстер (Heinz von Foerster) относил к кибернетическим системам второго порядка (наблюдающие системы) [6], а Умберто Матурана (Н. Maturana) и Франсиско Варела (F. Varela) – к аутопоэтическим системам [7, 8]. Суть существования данных системных образований заключается в непрерывном рекурсивном

процессе самовоспроизведения цепей (сетей) процессов, порождающих их и их элементы, называемом аутопоэзисом («autopoiesis» – самопорождение, самосотворение, самопроизводство). В результате возникает системное единство (аутопоэтическая система), существующее как итог непрерывного циклического изменения в зоне своего существования замкнутых на порождение самое себя процессов различной физической, информационной и ментальной природы.

Матурана и Варела определяют аутопоэтическую систему следующим образом: «...это система, организованная (определена как единство) как сеть процессов производства (трансформации и разрушения) компонентов, которые производят эти компоненты. Одновременно компоненты имеют следующие характеристики: (i) в процессе взаимодействий и превращений между собой они постоянно регенерируют и реализуют сеть процессов (отношений), которая их создала; и (ii) они составляют ее (систему) как конкретное сетевое единство в пространстве, в котором они (компоненты) существуют, указывая на спецификацию топологических доменов в ее реализации в качестве такой сети» [9].

Важным следствием аутопоэзиса является появление и проявление избирательных, селективных свойств живой системы по отношению к себе и среде своего существования. Система не может пропускать в зону самоорганизации своих внутренних операций те воздействия среды, которые могут привести к нарушению циклов аутопоэзиса. Это приведет к ее гибели. В силу этого возникает понятие операциональной замкнутости аутопоэтических систем, в соответствии с которым в данных системах могут существовать только те операции, которые ведут к самовоспроизводству системы и расширению области ее существования. По этим причинам аутопоэтическая система не реагирует непосредственно на неспецифическую активацию со стороны внешней среды. Ее развитие определяется преимущественно закономерностями и причи-

нами, лежащими внутри системы. Такая система представляет собою относительно изолированный от окружающей среды по каузальной структуре фрагмент реальности. Внешняя среда не может извне определить свойства данной автономной системы, прорвать ее каузальную непроницаемость [10]. Заметим, что операциональная замкнутость не означает изоляцию системы от среды, а говорит лишь об особых отношениях системы с окружающим миром, ее автономии в процессах самовоспроизводства. Операциональная замкнутость – основная проблема, препятствующая обучению живых систем путем непосредственной передачи информации, что лежит в основе подавляющего числа педагогических методов.

По нашему мнению, аутопоэтический характер системогенеза и функционирования живых организмов пронизывает *все уровни структурной организации живой материи и деятельности организмов, отражается в результатах их функционирования*. Можно ввести понятие *тотальной аутопоэтичности*. В соответствии с ним человек в своей действительности имеет дело только с аутопоэтическими системами и аутопоэтически организует среду, формируя новые циклы аутопоэзиса и самоорганизующиеся единства разной физической природы (техногенную среду), продолжающие жизнь. В результате аутопоэзиса у животных и человека появляются формы психического отражения и реагирования, сопровождаемые появлением ментальных понятийных структур и субъектных форм организации границ психического, сохраняющие операциональную изолированность системы от мира. Возникает внутренний субъективный мир как динамический конструкт, ведущий к сохранению биологической и психической организации человека в среде его жизнедеятельности в рамках поведения организуемого с позиций сохранения линии жизни. Аутопоэзис субъектной компоненты организма ведет к созданию и выбору конструктов, ведущих к продолжению существования сис-

темы во времени, порождает смысл и цели жизни. Таким образом, можно предположить, что возникновение сознания и форм ментального (информационного) познания и реагирования, появление субъективного мира являются закономерным следствием аутопоэтического характера функционирования всех систем живого организма включенного в отношения со средой.

Сознание человека также проявляет все признаки аутопоэтической системы, и все основные его свойства могут быть изложены в терминах аутопоэтической концепции в рамках синергетических и кибернетических представлений, которые довольно полно представлены в научно-практических основаниях философии эпистемологического конструктивизма [11–13]. Аутопоэтическое сознание избирательно создает и исследует физические и социальные миры, порождая в ментальном пространстве человека их аналоги в субъективной форме, используя в своей конструируемой действительности только те их аспекты, которые могут усилить аутопоэтические свойства организма.

В процессе аутопоэзиса формируется субъективный мир, содержание которого не отражает рационально и беспристрастно (объективно) физический мир, а направлено на создание и продолжение истории действующей личности, переживаемой субъектом и фиксируемой в его опыте. Аналогично и социальные коммуникационные системы, будучи аутопоэтическими по своей сути, также пишут историю общества, ведут к усилению вектора жизни, выступают в качестве катализатора развития человеческой цивилизации.

Важным следствием аутопоэзиса живых организмов является признание конструирующего характера человеческого сознания и психики [14, 15]. Психическое содержание является циклически воспроизводящим себя в среде мозга динамическим ментальным конструктом. В нем отражаются все грани опыта субъекта, ведущие к появлению, сохранению и развитию личности, становлению индивидуальности. Человек конструирует мир, конс-

струируя себя, и имеет дело *только с конструируемыми фрагментами реальности*. Все что не конструируется, автоматически выходит из сферы нашего познания и понимания. Именно с аутопоэзисом наших механизмов познания мира и связаны проблемы обучения человека и взаимопонимания. Человек, будучи аутопоэтической системой, может взаимодействовать с другими системами только в неразрушающих его аутопоэзис формах содействия и взаимной ориентации. Именно в этих способах и формах межсистемных неразрушающих взаимодействий, определяемых и допускаемых аутопоэтическим характером системной организации человека, и лежат механизмы его воздействия на природу, скрыты истоки технологических возможностей и могущества человечества. Рассмотрим это немного подробнее.

2. Аутопоэтические корни техногенной эволюции. Принцип тотальной аутопоэтичности живых систем. Основы инженерных возможностей человека

Человек в процессе трудовой деятельности целесообразно воздействует на природу, изменяя при этом одновременно аутопоэтический мир своей действительности и стоящую за ним физическую (либо иную другую) реальность. Заметим, что человеческая деятельность также функционирует в рамках и в виде поддерживающего себя аутопоэтического процесса. Аутопоэтический характер человеческой деятельности и ее результата – мира действительности, обуславливает их случайный характер. Мы живем в строго организованном и организуемом нами и технологией мире. Мир нашей действительности и среда существования конструируются и организуются по законам, обеспечивающим наше самовоспроизведение и существование. Следствием изложенного может быть вывод о том, что любые изменения в мире нашей действительности, возникающие в силу активности действующего субъекта, и сопровождающие их изменения физической реальнос-

ти отражают процессы коэволюции аутопоэтических систем, конструируемых нашим сознанием и воплощаемых в жизнь с помощью технологий. Они представлены в восприятии субъекту непосредственно в объектной (объективной) форме с реально отражаемыми в ней аутопоэтически сопряженными элементами объективного (конструируемого) мира.

Из этого следует, что человек не может свободно воздействовать на физический мир, произвольно изменяя его. Поле его деятельности – это действительность, порождаемая мозгом, и фрагменты реальности, связанные с ней. Конструирующая, творческая активность порождает только системы, поддерживающие аутопоэзис организма и психики. Техногенная среда, как продукт деятельности человека, таким образом, всегда отражает в себе результаты конструирующего и преобразующего мир опыта человека. Она содержит в своих продуктах воплощенные в них системные свойства, позволяющие использовать их в дальнейшем в качестве искусственных элементов для конструирования новых системных аутопоэтических единств более высокого порядка, поддерживать процессы аутопоэтической самоорганизации. Создание искусственного мира, о котором так много говорят в последнее время в связи с тотальным проникновением техники и технологии в жизнь человека, в своей основе также связано с проявлением конструирующих способностей человека, пронизывающих все уровни его психической организации. Способность к конструированию, изменению в нужном направлении объектов и мира действительности является продолжением аутопоэтической организации человека, который, изменяя мир, вводит его в границы своего аутопоэзиса. Инженерная деятельность в системном представлении состоит в создании элементов, поддерживающих цепи самовоспроизводства глобального системного организма, включающего техносферу планеты Земля. Эти элементы, представленные в виде продуктов, артефактов и технологий, обладают уникальными единичными свойствами,

являясь отражением процессов самоорганизации их создателей. Мы конструируем *только те фрагменты мира*, которые могут вступать в цепи аутопоэтических отношений, непрерывно генерируемых человеком. В силу этого ничего случайного в организации жизни нет. Все подчинено решению задачи выживания. Организм селекционирует из среды только те элементы, которые входят в обеспечение его аутопоэзиса.

В.В. Чеклецов предлагает концепцию «Разумных Ландшафтов» как метафоры постчеловеческого тела и социального пространства будущих субъектов коммуникации [16, с. 48], формируя в 7 тезисах основные ее положения в соответствии с которыми:

- граница человеческого «Я» неоднозначна и динамична. Возможно расширение ее топологии за физические границы тела;

- личность репрезентируется в интерактивной аутопоэтической среде;

- конструируемый личностью с помощью технологии «Разумный Ландшафт» может обладать искусственной перцептивной поверхностью, повышающей потенциал самоорганизации, аутопоэзиса и саморазвития человека;

- «Разумный Ландшафт» интерактивен и открыт для коммуникации с Другими. В нем происходит селекция новых форм социальных отношений;

- в пространстве разумного ландшафта происходят семантические процессы и процессы актуализации знаков, символов, паттернов и т. д.;

- происходят процессы производства компонентов для строительства среды и элементов тела;

- ценностные ориентиры, лежащие в основе построения «Разумных ландшафтов», позволяют моделировать новые формы деятельностного подхода к бытию.

Нетрудно догадаться, что в концепции «Разумного Ландшафта» в метафорической форме также отражены системные эффекты аутопоэтических систем, действующих в человеческом сознании, живой природе и человеческом обществе.

Аутопоэтический характер человекообразных систем проявля-

ется на всех уровнях и формах их деятельности и организации, что позволяет нам использовать в отношении их выдвинутый выше принцип *тотальной аутопоэтичности* живых систем. В соответствии с ним живые системы непрерывно создают цепи аутопоэзиса и вовлекают в него окружающую среду. Все, что конструируется живым организмом, носит также аутопоэтический характер. Жизнь – это непрерывный аутопоэзис, вовлекающий в процессы своей эволюции только способные к аутопоэзису элементы реальности. Мы имеем дело только с аутопоэтическими системами, и ни с какими иными. Например, сам факт наблюдения того или иного объекта нашей действительности свидетельствует о том, что возникла аутопоэтическая цепь «сознание – наблюдаемый объект». Свойства возникшей системы позволяют включать ее в любые отношения с другими аутопоэтическими сущностями сетевого потока сознания, формирующего действительность. Мозг, таким образом, является генератором аутопоэтических систем, будучи сам аутопоэтической системой. Самоорганизующаяся самоорганизация.

Способность к порождению только аутопоэтических процессов и систем, присущая человеку и лежащая в основе инженерной и творческой деятельности, не столь безобидная вещь, как может показаться на первый взгляд. Новые аутопоэтические системы в процессе своей эволюции и самоорганизации могут работать в рамках собственных внутренних описаний, создавая некомфортные, а порою опасные условия для существования человека. Новая системная сущность может использовать человека как расходный элемент в цепи процессов своего самовоспроизведения, поступая с ним в логике аутопоэзиса, которая может совсем не соответствовать моральным и этическим воззрениям человечества. Заметим, что наши возможности влияния на процессы аутопоэзиса довольно ограничены. Управлять самоорганизацией непосредственно невозможно, так как это вызовет к жизни защитные механизмы сис-

темы, ограничивающие внешнее вмешательство. Можно только ориентировать конструирующие механизмы систем с целью получения требуемого поведения. Примером деструктивного влияния на человека механизмов аутопоэзиса могут быть неоднократно описанные системные эффекты, возникающие в сети Интернет в результате действия коммуникации, проявляющей свойства социальной аутопоэтической системы [17].

Основным механизмом, лежащим в основе конструирующих возможностей человека, является сознание. По мнению Е.Н. Князевой, «сознание – эмерджентная, сложноорганизованная и автономная сеть элементов» [12, с. 55], которая порождает квалиа в виде чувственных и ментальных образов, описывающих конструирующий опыт человека. Процессы самоорганизации сознания охватывают и увязывают воедино мозг человека, его тело и окружение. Их появление связано с возникновением «петель циклической причинности», в которых проявляется самодостраивание системы, создание реализуемого образа будущего. Возникающие и растворяющиеся в сознании варианты будущего проявляются в творчестве, мышлении и фантазиях человека. Ограничителями спонтанной активности сознания, ведущими к выбору финального результата, являются механизмы редукции [18], которые создают иллюзию раздельного существования человека и мира, который представлен субъекту в виде независимой от него «объективной реальности». Возникает возможность проверки «соответствия» моделей сознания объективному миру, в процессе которой отбираются наиболее адекватные с точки зрения обеспечения жизнеспособности варианты.

3. Человек в рамках техногенной эволюции

Любая аутопоэтическая система создает в процессе своей жизнедеятельности искусственную среду (нишу), в которой появляются аутопоэтические единства более высо-

кого порядка, которые сразу после своего рождения начинают включать в циклы самовоспроизведения элементы предыдущих систем, реализуя общий вектор продолжения жизни. Спецификой современного технологического этапа развития человеческой цивилизации является интенсивный рост техногенной среды и появление первых признаков ее самоорганизации. Особую роль в возникающем единстве человека и технологии играет коммуникация, определяющая процессы межсистемных ориентаций и сопряжений человека и системных элементов включаемых в цепи отношений.

Будучи аутопоэтической системой человек существует в неразрывном процессе структурного сопряжения со средой своего существования, которая до последнего времени была только источником нужных для самовоспроизводства и существования организма веществ и информации.

Появление на планете Земля искусственной техногенной среды с нервной системой и мозгом в виде сети Интернет сопровождается процессами ее организации и эволюции, превращением в новую аутопоэтическую систему планетарного масштаба – технобиод [12], в обеспечении процесса функционирования которого участвуют все жители планеты как пользователи, вступающие в коммуникацию с сетью. Активным организующим фактором этого образования является циклическая рекурсивная коммуникация в информационно-коммуникационной среде сети Интернет, а исполнительными элементами – человек и управляемые посредством и с помощью компьютерных технологий машины и механизмы.

Технобиод становится самостоятельным системным объектом, в котором роль индивидуального человеческого разума постепенно уходит на второй план. Человек отделяется от природы, становится элементом эволюционирующего искусственного техногенного мира. Одновременно наблюдается и начало активного процесса внедрения в человеческое тело техно-

логий, модифицирующих человеческий организм, связывающих его с системами мониторинга и контроля. Индивидуальное поведение и активность человека теряют определяющее значение для процессов развития технобиода. Человек становится регулируемым и регулирующим элементом нового планетарного системного единства [19].

4. Технологии технобиотического мира

Развитие существующих и появление новых компьютерных и информационных технологий, использующих сетевые технологии и сетевое содержание, создают базис для эволюции технобиода. К ним относятся технологии, описываемые в терминах NBICS-конвергенции [20], и широкий комплекс глобальных прикладных инженерных дисциплин и проектов – «промышленный интернет» (Industrial Internet) [21], «киберфизические системы» (Cyber-Physical Systems) [22], «промышленность 4.0» (Industrie 4.0) [23], «умный дом», «умный город» [24], «разумная среда» (Smart Environments) [25], «мультимодальные интерфейсы» (Multimodal Interfaces) [26], «иммерсивные среды, интерфейсы и технологии» [14], «технологии радиочастотной тотальной идентификации (RFID)» [27], «программируемая материя» (Programmable matter) [27], популярный ныне в инженерной среде «интернет вещей» (Internet of Things – IoT) [28] и т. д.

Все перечисленное отражает взрывообразно развивающуюся тенденцию к тотальному охвату всепроникающими компьютерными системами и технологиями контроля и управления всех сфер и сред существования и жизнедеятельности человека при одновременном повышении автономности и независимости от человека самой искусственной технической среды. Так, например, М. W. Maier предлагает архитектурные принципы создания киберфизических систем, основанных на эволюционных принципах развития [29], включающих пять ключевых характеристик:

- независимость функционирования компонентов системы;
- управленческую независимость компонентов системы;
- географическую распределенность;
- развивающееся поведение;
- эволюционирующие процессы развития.

В обзоре В.А. Бородина представлено описание технологического базиса интернета вещей и сопутствующих ему технологий «облачных» и «туманных» вычислений, отражающих эволюцию информационно-сетевых и коммуникационных технологий [29]. Основными проблемами, по мнению автора, являются «технические проблемы перехода на протокол IPv6, проблемы кибербезопасности, отсутствие стандартов, обеспечивающих защиту личной информации, управление устройствами сетевого подключения и вопросы электропитания датчиков» [30, с. 181].

Вместе с тем следует заметить, что это далеко не самое важное в таких сложных системах, обладающих заложенным в них потенциалом и возможностями аутопоэтической самоорганизации. Проблемы скрытого управления и вероятность появления эффектов деструктивной циклической самоорганизации в социотехнических системах с абсолютной памятью более серьезны и опасны, чем техническая реали-

зация тотально связанного мира. Система с абсолютной памятью, элементом которой становится интернет вещей, создает условия для появления опасных для общества и человека состояний техносферы. Важным элементом в отношениях с техногенной средой становится реализация принципа предосторожности [31, 32], в соответствии с которым необходим контроль за технологиями в процессе их развития с целью оценки их соответствия положениям техно- и биоэтики.

Заключение

Развитие техногенного этапа эволюции человеческой цивилизации тесно связано с тотальным аутопоэтическим характером человеческого организма и психики, созидательной деятельности человека, ведущими к неизбежному появлению организованной эволюционирующей технической среды, приобретающей свойства самоорганизующегося единства – технобиода, действующего как единый организм, включающий в себя в том числе и элементы небиологической природы. Возникающие в цепи отношений, в силу их самоорганизующегося характера, они ускользают от непосредственного контроля создателей, что может приводить к негативным по отношению к человеку (группам людей)

системным эффектам.

Задача гуманитарного знания в настоящий момент состоит в необходимости тщательного анализа и научно-философской рефлексии системных качеств зарождающегося на наших глазах технобиотического этапа человеческой цивилизации и биосферы Земли.

Требуется проведение экспертизы глобальных последствий изменений, возникающих в техногенной среде, особенно в ее интерфейсных элементах, обеспечивающих процессы межсистемных отношений и интеграцию человека в технобиотическую среду.

Особую важность в связи с проявлением описанного выше эффекта тотальной аутопоэтичности жизни, ее экспансивного характера приобретает изучение процессов формирования и взаимоориентации культурных сред, возникающих в рамках внутрисетевых коммуникаций. Именно здесь важно выделить и оценить аутопоэтические циклы коммуникаций, их операциональный состав, формирующий дискурсные поля, определить системные свойства возникающих социальных групп и их членов. При конструировании сложных технических систем также необходимо оценивать изменение свойств технических объектов при их переходе от создателя к пользователю в новые операциональные отношения.

Литература

1. Матурана У. Биология познания // Язык и интеллект: сб. ст. / пер. с англ. и нем. Ю.М. Мешенина; сост. и вступ. ст. В.В. Петрова. – М.: Прогресс, 1996. – С. 95–143.
2. Луман Н. Общество как социальная система. – М.: Логос, 2004. – 232 с.
3. Лекторский В.А. Субъект. Объект. Познание. – М.: Наука, 1980. – 358 с.
4. Лекторский В.А. Можно ли совместить конструктивизм и реализм в эпистемологии // Конструктивизм в теории познания. – М.: ИФРАН, 2008. – С. 36–37.
5. Князева Е.Н. Эпистемологический конструктивизм // Философия науки. Вып. 12. Феномен сознания. – М.: ИФРАН, 2006. – С. 133–153.
6. Foerster H. von. Cybernetics of Cybernetics, or the Control of Control and Communication of Communication. Urbana (IL): Univ. of Illinois Press (Biological Computer Laboratory), 1974.
7. Varela F., Maturana H., Uribe R. Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and a model // Biosystems. – 1974. – № 5. – P. 187–196.
8. Varela F. Principles of Biological Autonomy. New York: Elsevier/North-Holland, 1979.
9. Maturana H., Varela F. Autopoiesis and Cognition. The Realization of the Living, Boston: D. Reidel Publishing Company, 1980.
10. Эйген М. Гиперцикл: принципы самоорганизации макромолекул / М. Эйген, П. Шустер. – М.: Мир, 1982. – 270 с.
11. Сергеев С.Ф. Аутопоэтические корни сознания // Психология сознания: современное состояние и перспективы: материалы II всероссийской научной конференции. 29 сентября – 1 октября 2011 г., Самара. – Самара: ПГСГА, 2011. – С. 215–218.

12. *Князева Е.Н.* Сознание как синергетический инструмент // Вестник международной академии наук (Русская секция). – 2008. – № 2. – С. 55–59.
13. *Аршинов В.И.* Сознание и осознание в синергетике / В.И. Аршинов, В.Г. Буданов // Синергетика на рубеже XX–XXI вв.: сб. научн. тр. Сер. «Проблемы философии» / Центр гуманитарных науч.-информ. исследований, Отдел философии; отв. ред. А.И. Панченко. – М.: Изд-во «Институт научной информации по общественным наукам РАН», 2006. – С. 55–73.
14. *Сергеев С.Ф.* Обучающие и профессиональные иммерсивные среды. – М.: Народное образование, 2009. – 432 с.
15. *Князева Е.Н.* Основания синергетики. Человек, конструирующий себя и свое будущее / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: КомКнига, 2006. – 232 с.
16. *Чеклецов В.В.* Топологическая версия постчеловеческой персонологии: к разумным ландшафтам // Философские науки. – 2010. – № 6. – С. 36–53.
17. *Сергеев С.Ф.* Образование в глобальных информационно-коммуникативных и техногенных средах: новые возможности и ограничения // Открытое образование. – 2013. – № 1 (96). – С. 32–39.
18. *Сергеев С.Ф.* Проблема редукции в когнитивном механизме сознания // Проблема сознания в междисциплинарной перспективе / под ред. В.А. Лекторского. – М.: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2014. – С. 245–254.
19. *Сергеев С.Ф.* Рефлексивная автоэволюция глобальных интеллектуальных техногенных сред // Рефлексивные процессы и управление: сб. материалов IX Международного симпозиума 17–18 октября 2013 года, Москва; отв. ред. В.Е. Лепский. – М.: Когито-Центр, 2013. – С. 245–248.
20. *Roco M., Bainbridge W.* (eds). *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science.* Arlington, 2004.
21. *Evans P.C., Annunziata M.* Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines, GE, November 26, 2012.
22. *Lee Edward.* Cyber Physical Systems: Design Challenges. University of California, Berkeley Technical Report No. UCB/EECS-2008-8. Retrieved 2008-06-07. January 23, 2008.
23. *Böhler T.M.*: Industrie 4.0 – Smarte Produkte und Fabriken revolutionieren die Industrie. In: Produktion Magazin, 10. Mai 2012; Last download on 5. September 2012.
24. *IBM*, (2009), *Smarter Cities*: New York, 2009: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/article/newyork2009.html.
25. *Cook Diane, Das Sajal.* *Smart Environments: Technology, Protocols and Applications.* Wiley-Interscience, 2005.
26. *Sebe N.* Multimodal interfaces: Challenges and perspectives // *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments.* – January 2009. – Vol. 1, № 1. – P. 23–30.
27. *Finkenzeller K.* *RFID-Handbuch.* Hanser Fachbuch, 1999.
28. *Toffoli T., Margolus N.* Programmable matter: Concepts and realizations // *Physica D.* – 1991. – Vol. 47. – P. 263–272.
29. *Maier M.W.* Architecting Principles for System of Systems // *Systems Engineering.* – 1998. – Vol. 1, № 4. – P. 267–284.
30. *Бородин В.А.* Интернет вещей – следующий этап цифровой революции // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. – № 2 (5). – С. 178–181.
31. *Юдин Б. Г.* Технонаука, человек, общество: актуальность гуманитарной экспертизы // Век глобализации. – 2008. – № 2. – С. 146–154.
32. *Schomberg R.* The Precautionary Principle and Its Normative Challenges // E. Fischer, J. Jones, R. von Schomberg (eds). *The Precautionary Principle and Public Policy Decision Making.* – Cheltenham (UK); Northampton (MA), 2005. – P. 141–165.