

# МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУДНОСТИ НА ПУТИ К ПОНИМАНИЮ ФЕНОМЕНА ВРЕМЕНИ: НУЖНЫ НОВЫЕ СУЩНОСТИ, ФОРМАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И КРИТЕРИИ ПОНИМАНИЯ\*

Александр П. Левич

*Кафедра общей экологии Биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова*  
*Кафедра моделирования природных референтов времени Web-Института исследований при-*  
*роды времени [www.chronos.msu.ru](http://www.chronos.msu.ru)*  
*(495)939-5560; [apl@chronos.msu.ru](mailto:apl@chronos.msu.ru)*

## "ИЗМЫШЛЕНИЕ ГИПОТЕЗ" НЕОБХОДИМО

Мое выступление – взгляд естествоиспытателя на методологию изучения времени. Это выступление – и попытка поделиться опытом темпоролога, полученным за 25 лет работы в МГУ имени М.В.Ломоносова Российского междисциплинарного семинара по изучению времени, и обращение к профессиональным методологам науки подсказать пути преодоления наших трудностей в понимании и описании природы времени.

Успехи в изучении времени скромны не только в масштабе 25-летьей истории Российского междисциплинарного семинара по темпорологии, но и в масштабе более чем 300-летней истории европейской науки, если вести отсчет от "Математических принципов натуральной философии" И.Ньютона, и в масштабе более чем 2000-летней истории античной науки, если опираться на достижения "Физики" Аристотеля.

В изучении времени оказались малопродуктивными прямые методы науки: экспериментальный подход, многие попытки моделирования, встраивание в понятийный аппарат науки (время – это материя? поле? ось координат? свойство сознания? конструкт мышления?..).

Время в современном знании – исходное и неопределяемое понятие. Наука не обходится без таких понятий, но и не изучает их. Использование представлений о времени опирается на интуицию исследователя, на его неотрефлексированный профессиональный опыт, на элементы вненаучных (часто неосознаваемых) представлений о Мире. Не оправдались надежды на возможность введения единого инструментального представления о времени: часы по своей природе могут быть совершенно различными и несводимыми друг к другу по порождаемым ими свойствами времени (Левич, 1996).

Ответить на вопрос "Что такое время?" – значит заменить образ времени в понятийном базисе на какое-либо другое базовое понятие, опираясь на которое становится возможным обсуждать само время. Тем самым, образно говоря, свойства времени превращаются из "аксиом" в "теоремы". Только будучи удаленным из неопределяемых представлений, время может стать предметом научного изучения.

---

\* Работа поддержана грантом РФФИ (№08-06-00073а).

Время – не изолированный "кирпичик" в понятийном фундаменте знания. Представления о времени тесно переплетены с другими исходными понятиями о пространстве, материи, зарядах, взаимодействиях, энергии, развитии, жизни, сознании и со многими иными. Переделывание фундамента невозможно путем замены единственного "кирпичика". Перестраиванию подлежит весьма обширная область. Фактически идет речь о построении новой "картины Мира", на которой будут базированы новые динамические теории. Создание картины Мира становится для теоретика естествознания необходимым этапом по согласованию исходных понятий теории. Но что это за вид деятельности? Это – наука? Философия? Метафизика? Натурфилософия? Искусство? Беллетристика? И, если это наука, то каковы ее имя и статус?

В работе теоретика естествознания присутствуют, по крайней мере, два рода деятельности. Опишу их на примере физики. Обычная работа физика-теоретика состоит в поиске и интерпретации решений для известного набора фундаментальных уравнений. Например, уравнения Гамильтона в классической механике, Максвелла – в электродинамике, Шредингера или Дирака – в квантовой механике, Эйнштейна – в общей теории гравитации, Больцмана – в статистической физике...Список можно продолжить, но он окажется не слишком длинным. Второй род деятельности – задачи по поиску или угадыванию самих фундаментальных уравнений. Первым родом деятельности занимаются многие тысячи исследователей. Вторым – десятки, из которых для единиц их имена стали именами найденных уравнений. Первый вид деятельности – ежедневная работа в науке многих поколений исследователей в течение сотен лет её существования. Второй – короткие промежутки в несколько лет (или пусть – десятилетий) в периоды становления каждой из теорий. При получившемся соотношении "человеколет" немудрено, что сложилось мнение, будто правильное занятие физикой – это умение хорошо решать известные уравнения и на основе решений точно рассчитывать наблюдаемые эффекты. Вопросы же о происхождении уравнений и о смысле базовых понятий, по выражению великого физика и позитивиста Л.Ландау, есть "филология".

Пользуясь производственной терминологией, можно сказать, что решение уравнений – методически оснащенное ремесло, хорошо развитая научная технология (требующая, однако, как и любая другая деятельность и таланта, и озарения, и везения). Создание же уравнений – ручная, штучная работа, граничащая с искусством правдоподобных рассуждений, полуэмпирических доводов и интуитивных предвидений.

Предшествующие решению уравнений компоненты научных теорий (Левич, 1996) мельком, в качестве терминов упоминаются в процессе обучения исследователей (ярчайшие примеры: пространство, время, взаимодействие, масса...). Неявно подразумевается, что неопределяемые понятия и огромная база их эмпирических прообразов интуитивно известны адресатам учений и, более того, одинаковы для различных носителей знания. В такой установке лежат корни большинства взаимных недопониманий, борьбы научных школ, трудностей как внутри-так и междисциплинарного общения.

В нашем знании существует огромный пласт той самой "филологии", от которой открещиваются позитивистски настроенные исследователи. Соответствующие компоненты теории

получили название "структурных принципов" (Newell, Simon, 1987). Приведу примеры структурных принципов:

- Атомистическое учение.
- Материальные точки в фазовом пространстве положений и скоростей в классической механике.
- Амплитуды вероятностей в бесконечномерном гильбертовом пространстве квантовой механики.
- Планетарная модель атома.
- Строение атомного ядра.
- Мир элементарных частиц и физических полей.
- Концепция физического вакуума.
- Гео- или гелиоцентрическая системы ближнего космоса.
- Космология расширяющейся Вселенной.
- Параллельные Вселенные Эверетта.
- Клеточная теория организмов.
- Бактериальная природа инфекционных болезней.
- Дискретная природа биологической наследственности.
- Популяционная, трофическая и др. структуры экосистем и биосферы Земли.
- Тектоника плит в геологии. Оболочечная структура земных недр.
- Классовая теория общества.

Структурные принципы на многие годы определяют рамки, в которых функционируют целые науки. Структурные принципы представляют "само собой разумеющуюся", часто не осознаваемую альтернативной, неотрефлексированную, но обязательную часть любого знания. Статус самих принципов весьма различен – от строгих научных фактов до символов веры и явных заблуждений. Так, атомистической гипотезе Демокрита около 2400 лет, но ещё около 100 лет назад не угасал драматический спор великих Л.Больцмана и Э.Маха о том, действительно ли атомы существуют. Около 100 лет понадобилось, чтобы гипотеза Г.Менделя о дискретных единицах генетической наследственности воплотилась в образе двойной спирали дезоксирибонуклеиновой кислоты.

Предпосылками, которые приводят исследователя к формированию структурных принципов, могут быть эмпирические обобщения, фрагменты научных теорий, интуитивные озарения, заимствования из научных или вненаучных картин Мира, философские элементы мировоззрения, художественные образы и т.п. Структурные принципы, как правило, постулаты, а не логические выводы, поэтому не так важны пути, какими мы к ним пришли. Важен результат – близость к реальности непосредственных и отдаленных следствий нашей веры в существование самих принципов.

Пытаться объяснить время без переделывания понятийного фундамента знания бессмысленно, поскольку любое объяснение будет опираться на этот фундамент, в котором уже есть "кирпичики времени". По-моему, проблема в постижении времени связана с отсутствием структурных принципов, в которых задавались бы элементарные объекты и их свойства, при-

годные для моделирования изменчивости Мира. Но самое трудное в этой проблеме – понять, что она существует. Чтобы постичь природу времени нам не хватает каких-то новых сущностей, которые должны заменить время в понятийном базисе науки. Любая попытка концептуального осмысления понятия времени должна начинаться с введения в научный обиход подходящих структурных принципов или, что то же, – определённого фрагмента картины Мира. Эти принципы могут отражать совершенно различные подходы к изучению времени. Важно лишь, что этап "измышления" принципов и построения связанной с ними связной картины Мира обязателен и неизбежен.

Путь от структурных принципов, от непротиворечивой и непротиворечащей картины Мира через формальную теорию к реальности – это, как правило, путь длиною в жизнь, причем часто – длиною в жизнь нескольких поколений не подвластных конъюнктуре и не боящихся "крика беотийцев" исследователей.

## АРХЕТИП ОПИСАНИЯ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ СИСТЕМ

Приведу пример структурного принципа, способного, на мой взгляд, породить свойства времени и феномен становления в нашем Мире (Левич, 2008, 2009а). Я буду признателен читателям, подсказавшим мне и другие подходы.

Все открытые системы – системы изменяющиеся. Их изменчивость, т.е. течение времени, может быть объяснена и параметризована количеством энергии или вещества, меняющимися в системе. Постулирую и обратное утверждение: все системы со временем – системы открытые, но изменяться – входить в них и (или) выходить из них – могут не только вещество или энергия, но и иные материальные субстанции. Наш мир открыт по отношению к этим субстанциям. Во Вселенной существуют источники и стоки субстанций нескольких типов. Такими источниками, в частности, являются физические заряды или живые организмы. Истечение субстанций организовано в виде линейно упорядоченных потоков их дискретных элементов. На языке Ньютона эти истечения можно назвать генерирующими флюэнтами. Генерирующие флюэнты порождают течение времени (становление) в Мире, пространство и его свойства, элементарные часы и линейки, корпускулярно-волновой дуализм объектов Мира. Генерирующий флюэнт можно рассматривать как структурный принцип (постулируемую сущность) в понятийном базисе науки. Генерирующий флюэнт задает архетип описания и моделирования меняющихся систем, например, физических зарядов, живых клеток, популяций организмов.

## ЯЗЫК ОПИСАНИЯ «ДИНАМИЧЕСКИХ» МНОЖЕСТВ

Существует слабо отрефлексированное наукой несоответствие между динамическим статусом реальных систем и статическим языком их описания в теоретико-множественной математике.

Реальность – это мир процессов, а не мир «застывших» состояний. Все реальные системы – это изменяющиеся системы. Описание реальных систем совершенно обязательно должно содержать феномен течения времени.

Наиболее общие рамки моделирования систем – это рамки теории множеств. Любой объект исследования описывают множеством со структурой – отношением порядка, операцией над элементами, топологией. При этом и носитель структуры, и её аксиоматика постоянны. Другими словами, в основаниях математики нет времени. (Принятые в математике пути описывать движение, например с помощью дифференциальных уравнений, также приводят к трудностям, поскольку требуют введения континуума, не допускающего возможности квантового описания времени и пространства.)

Указанное несоответствие небезобидно, поскольку "Границы моего языка означают границы моего мира" (Витгенштейн, 1921). Для формального описания реальности нужны абстрактные исходные объекты, которые можно было бы назвать изменяющимися, непостоянными множествами. Я предлагаю для них термин «динамические» множества. Примерами динамических множеств могут служить упомянутые выше генерирующие флюэнты, т.е. всевозможные заряды, популяции организмов, словари языков, мыслеобразы в человеческом сознании...

В современных основаниях математики существует подход, способный преодолеть "статичность" теории множеств. Это – теория категорий и функторов. Две особенности теоретико-категорного описания систем позволяют думать, что язык теории категорий более адекватен реальности, нежели язык теории множеств. Первая особенность – возможность оперировать сразу всей совокупностью одинаково структурированных множеств (объектов категории), что позволяет отождествить эту совокупность с пространством всех возможных состояний системы. Вторая особенность – та, что в категорию наряду со структурированными объектами равноправно и обязательно входят все допустимые их структурой способы изменения объектов (морфизмы категории), т.е. преобразования состояний системы. Это позволяет заменить теоретико-множественное идеализированное представление мира в виде "застывших" объектов на адекватное миру представление его процессами. "Каждое понятие постоянства относительно, оно возникает чувственно или мысленно как предельный случай изменения, и бесспорное значение таких понятий для получения ясного представления об изменении всегда ограничено этим своим происхождением" (Lowvere, 1976).

Теоретико-категорный язык богаче языка теории множеств. Для одного и того же набора объектов категории может существовать много различающихся наборов морфизмов. Но категории с одинаковыми объектами, но различающимися морфизмами – это различные кате-

гории: неразличимые как множества объекты становятся различными по возможностям их преобразований.

"Динамическое" множество на языке теории категорий есть целый класс множеств, а именно, класс объектов категории или – всех реализаций некоторой математической структуры, моделирующей изучаемую систему (Левич, 2009б). Наверняка существуют и другие способы формального описания динамических множеств, и я буду благодарен коллегам за ссылки на них.

"Статичность" теории множеств проявляется как в неизменности самих множеств – носителей структур, так и в постоянстве аксиоматики, задающей структуру моделируемой системы. Множества с переменными структурами описывают особые категории – топосы: «...теоретико-топосная точка зрения... состоит в отбрасывании идеи о существовании фиксированного универсума "постоянных" множеств, среди которых может и должна развиваться математика, и в признании того, что работать с переменными величинами в универсуме непрерывно меняющихся множеств удобнее, чем в рамках... абстрактной теории множеств... когда отдельно рассматривается носитель и последовательность постоянных структур, привязанных к точкам этого носителя. Именно переход от постоянных множеств к переменным множествам является душой теории топосов!» (Джонстон, 1986).

В попытках формального теоретико-множественного описания времени не хватает также средств для конструирования различных модусов существования: «временное» и «вневременное» бытие, «бренность» и «вечность» и т.п. В языке теории категорий эти средства существуют. Пространство состояний системы – класс объектов описывающей систему категории – содержит все потенциально возможные состояния системы. В реальности состояния системы альтернативны: истинность одного из них исключает "одновременную" истинность других. В этом смысле пространство состояний обладает "вневременными" свойствами: все состояния сосуществуют в нем (независимо от момента времени, в который они реализуются), а не альтернативны. Отмеченные "вневременные" свойства роднят его с понятием вечности, которая содержит в себе все возможные события "изменчивого" Мира.

Теория категорий может оказаться полезной теоретиком науки, качественно расширяя язык формальных описаний. Описание объектов познания обычно состоит в подборе математической структуры, в какой-то степени изоморфной устройству предмета изучения или представлений о нем. Но всегда ли существует в математике подходящая структура? Именно при решении этого вопроса в предметных областях науки возникает тезис о необходимости «новой математики». Математические структуры задают набором аксиом, и при всем видимом многообразии аксиоматических систем число их типов ограничено: структуры порядка, топологические и алгебраические структуры (Бурбаки, 1963). Теоретико-категорное же описание систем не требует обязательной экспликации системы математической структурой. Возможно "качественное" категорное описание, т.е. непосредственное перечисление и описание состояний системы и всех переходов между ними (морфизмов) не на математическом, а на внутри-

дисциплинарном содержательном языке (некоторым аналогом чего может служить, например, карта метаболических путей живой клетки). Замечу, что если задана математическая структура, то всегда возможно задать сохраняющие ее морфизмы. Необходимость обратного утверждения для приложений не обязательна: если заданы морфизмы, то может и не существовать математической структуры с известной аксиоматикой, которую они "сохраняют". Объекты "качественной категории" и будут реализацией соответствующей заданным морфизмам структуры.

## **ВЫВОДИТЬ, А НЕ УГАДЫВАТЬ ЗАКОНЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ СИСТЕМ**

Существует немало ответов на вопрос "Что есть время?" (см., например, Конструкции времени..., 1996; On the Way..., 1996; На пути к пониманию..., 2009). Кроме ответов, необходимы критерии их приемлемости. С точки зрения теоретика естествознания, хочу в качестве одного из возможных критериев предложить эффективность предлагаемого ответа в решении задачи о выводе уравнений движения систем. Уравнения движения непосредственно связаны с представлениями о времени, поскольку закон движения есть описание изменчивости исследуемого объекта, т.е. его собственного времени, с помощью эталонного объекта, т.е. часов.

Теория категорий и функторов предоставляет аппарат для вывода фундаментальных принципов изменчивости систем (Левич, 2009в).

Законы функционирования (они же – законы динамической изменчивости, уравнения обобщенного движения) сформулированы далеко не для всех объектов научных исследований. Методология поиска таких законов составляет важную проблему теоретического знания, не решенную до настоящего времени. В методах научного описания мира существует крайне ограниченный набор формальных способов вводить фундаментальные законы изменчивости исследуемых систем. Почти всегда такие законы постулируют или в форме «уравнений движения» или в форме экстремального принципа. Перед методологами науки стоит задача провести анализ современных подходов, позволяющий выделить индуктивно-постулативную и дедуктивно-дискурсивную составляющие знания и на основании проведенного анализа предложить подходы, позволяющие выводить, а не угадывать фундаментальные законы динамической изменчивости систем.

Выполнение подобной работы невозможно без формального аппарата, ориентированного не на одну предметную область исследований, а на широкий их спектр. Теория категорий и функторов, претендуя на роль фундамента в основаниях математики, может оказаться решающим звеном и при переходе от искусства к методу в практике поиска фундаментальных «уравнений движения» природных и антропных систем.

Поиск выделенных – реально осуществляющихся – состояний систем среди всех потенциально возможных в методологии экстремальных принципов требует, во-первых, умения каким-либо образом упорядочить состояния между собой на шкале "больше-меньше", "сильнее-слабее" и т.п. и, во-вторых, – выбора экстремального из этих состояний в полученном упоря-

дочении. На языке математических структур такой поиск означает умение упорядочить структурированные множества, описывающие систему, и выбрать наиболее "сильную" (или наиболее "слабую") структуру в качестве той, что выделяет реализующееся состояние из всех возможных.

Теория категорий и функторов позволяет сравнивать по "силе структур" любые структурированные множества (Левич, 1982). Метод сравнения легче всего понять, рассмотрев предельный случай структурированных множеств – множества без структуры. Для сравнения бесструктурных множеств можно использовать такую характеристику, как количество элементов в них (синонимы – кардинальные числа множеств, мощности множеств). Любые два множества сравнимы по количеству элементов. Для множеств со структурой характеристика по количеству элементов неинформативна, поскольку никак не связана со структурой. Однако, само понятие количества элементов не первично, а возникает как математическая конструкция при сравнении множеств с помощью соответствий между ними. Термины "изменение объектов", "преобразование состояний", упомянутые в предыдущих абзацах, в данном контексте можно считать синонимами термина "соответствие". Частный случай соответствий представляют собой привычные функции, или отображения. Поясню примером метод сравнения множеств с помощью соответствий. Зададимся вопросом: чего (или кого) больше в некой комнате – кресел или людей? Один из способов ответить на этот вопрос – подсчитать количества кресел и людей, а затем сравнить полученные числа. Другой способ – установить соответствие между людьми и креслами, например, попросив, чтобы каждый из присутствующих в комнате людей занял одно кресло. После того, как люди рассядутся, мы сможем точно ответить, больше ли в комнате кресел или людей, в зависимости от того, остались ли свободные кресла или – без кресла люди. Замечу, что при этом мы можем не знать ни количества стульев, ни количества людей в комнате. Повторю, что процедура сравнения множеств с помощью соответствий носит более общий характер, чем подсчет количества элементов в множествах.

Сравнение структурированных множеств с помощью преобразований (соответствий), сохраняющих имеющуюся структуру, порождает для структурированных множеств понятие "структурные числа", обобщающее понятие "кардинальное число", или "количество элементов", используемое для множеств без структуры (структурные числа превращаются в обычные количества элементов для частного случая бесструктурных множеств). Однако, структурные числа – это не конечная остановка на нашем пути к методу поиска экстремальных структур. Дело в том, что в отличие от бесструктурных множеств, которые всегда сравнимы с помощью количества элементов в них, структурированные множества могут оказаться несравнимыми между собой, поскольку необходимые для сравнения соответствия могут существовать не для любой пары структурированных множеств. Это значит, что траектория "движения" системы от одного состояния к другому – "более сильному" – состоянию может прерваться из-за невозможности сравнить состояния, чтобы применить экстремальный принцип.

В математике существует способ обойти создавшуюся трудность с помощью метода "представлений". Метод состоит в замене объектов и преобразований одной категории объектами и преобразованиями другой. Делается это так, чтобы задаваемые структурой первой ка-



тегории связи между объектами и между их преобразованиями не были нарушены. Вне математики подобный метод называют "методом аналогий". Собственно, представления из одной категории в другую и названы функторами, фигурирующими в названии теории наравне с категориями. Для любой категории структурированных множеств существует особый функтор в категорию множеств без структуры. Этот функтор сопоставляет каждому структурированному множеству совокупность его преобразований, допустимых заданной на множестве структурой. Таким образом, в теории категорий естественно возникает числовая функция состояния – внутренне присущая теории категорий характеристика объектов категории – количество допустимых преобразований. Оказывается, что количества этих преобразований упорядочены так же, как структурные числа множеств (если структурные числа сравнимы). Предложенный метод сравнения структурированных множеств называется "функторным сравнением структур" (Левич, 1982), а количество допустимых преобразований структурированных множеств – их "функторными инвариантами", или "функторными числами". Замечу, что функторные числа представляют собой следующее за структурными числами обобщение понятия "количество элементов" (Левич, 2001). Согласно этому обобщению, "правильное" сравнение структурированных множеств состоит в сравнении количеств их преобразований, не нарушающих заданную на множествах структуру, а не в сравнении мощностей базовых для структуры множеств. Для методологии применения экстремальных принципов оказывается очень важным, что функторные числа в отличие от структурных чисел сравнимы для любых структурированных множеств, т.е. экстремальный принцип, сформулированный на языке функторных чисел, применим для сравнения любых состояний исследуемой системы.

Умение сравнивать структурированные множества на языке теории категорий позволяет сформулировать на этом языке экстремальный принцип, рассчитывать (а не угадывать) соответствующие функционалы и применять вариационный формализм для самого широкого круга задач моделирования.

Замечу, что полученный в категорном формализме экстремальный принцип обосновывает и обобщает принцип максимума энтропии и может быть интерпретирован, в частности, как принцип минимального времени, понимаемого как время, порождаемое генерирующими флюэнтами (Левич, 2009в).

## ЛИТЕРАТУРА

- Бурбаки Н. Архитектура математики // Очерки по истории математики. М.: Мир, 1963. С. 245–259.
- Витгенштейн Л. Логико-философский трактат. 1921.
- Джонстон П. Теория топосов. М.: Наука, 1968. С. 15-16.
- Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. Часть 1. Междисциплинарное исследование. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 304 с.
- Левич А.П. Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 190с.

- Левич А.П. Время как изменчивость естественных систем: способы количественного описания изменений и порождение изменений субстанциональными потоками // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. Часть 1. Междисциплинарное исследование. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 149–192.
- Левич А.П. Энтропия как обобщение понятия количества элементов для конечных множеств // Философские исследования. 2001. №1. С. 59-72.
- Левич А.П. Модель частиц, порождающая пространство-время и становление // Основания физики и геометрии. М.: РУДН, 2008. С 153-188.
- Левич А.П. Моделирование природных референтов времени: метаболическое время и пространство // На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2009а. С. 259-337.
- Левич А.П. Моделирование "динамических" множеств // Необратимые процессы в природе и технике. М.: МГТУ им. Баумана, 2009б. С. 43-46.
- Левич А.П. Поиск законов изменчивости как задача темпорологии // На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2009в. С. 397-425.
- На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2009. 479 с.
- Lowvere F.W. Variable quantities and variable structures in topoi // Algebra, Topology and Category Theory. Academic Press, 1976. Pp. 101-131.
- Newell A., Simon H.A. The Informatics as Empirical Investigation: Symbol and Search // ACM Turing Award Lectures. N.Y.: ACM Press, 1987. 560 p.
- On the Way to Understanding of Time Phenomenon: the Constructions of Time in Natural Science. Part 2. The "Active" Properties of Time According to N.A.Kozyrev / Ed. A.P.Levich. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1996. 220 p.