

# Генерирующие потоки и субституционная модель пространства-времени

А.П.Левич (Московский государственный университет)

## Гипотеза генерирующих потоков

В научном описании мира существует давнее противоречие между безусловной обратимостью во времени фундаментальных законов естествознания и феноменом становления в природе, т.е. явным различием между прошлым и будущим в мире реальных процессов [1].

Еще одно не всегда отчетливо отрефлексированное противоречие существует между действующим в замкнутой Вселенной вторым законом термодинамики и отсутствием в Мире следов деградации и неизбежного движения к равновесию [2,3].

Предлагается исследовательская программа, призванная наметить некоторые из возможных путей к решению названных противоречий. Замечу, что при реализации такой программы должен быть перестроен сам фундамент научного знания, в силу чего перестраивание не может коснуться только конструкции времени, а вынужденно охватить и иные базовые понятия науки, например, пространство, частицы, взаимодействия и т.д.

В основе предлагаемых построений лежит ряд аксиоматических конструкций [4,5].

*Принцип иерархичности:* все естественные системы иерархичны — любой объект оказывается элементом системы более высокого ранга и любой элемент оказывается системой, состоящей из элементов.

*Принцип изменчивости:* любое изменение системы состоит в изменении набора элементов на определенной глубины уровнях иерархии, содержащей систему. Наряду с термином "замена элементов" в качестве синонима будем применять термин "субституции." Процесс замены элементов в системе будем называть "субституционным движением" (подразумевается, что заменяемые элементы могут принадлежать любым уровням иерархического строения и замены могут идти как с увеличением или с уменьшением, так и с сохранением числа частиц).

*Гипотеза существования генерирующих потоков:* любые естественные системы не замкнуты по отношению к потокам элементов некоторых уровней иерархического строения. В частности, по отношению к генерирующим потокам открыта и наша Вселенная.

## Элементы картины Мира

Имея в распоряжении генерирующие потоки, приступим к конструированию элементов картины Мира[6].

Назовем частицами источники или стоки генерирующих потоков в нашей Вселенной. Некоторые частицы будут источниками (стоками) потока лишь одного из иерархических уровней, другие частицы — одновременно нескольких уровней. Динамические характеристики потоков порождают заряды частиц. Потоки различных иерархических уровней порождают различные, например, гравитационные, электрические, барионные и т.д. заряды частиц. Источники и стоки потоков одного уровня могут соответствовать зарядам различного знака. Моделирование частиц ” входами “ и ” выходами “ генерирующих потоков позволяет предложить лесажевский механизм для описания взаимодействий. Элементы генерирующих потоков и частицы приобретают различный бытийный статус. Частицы имеют заряды, массы, участвуют во взаимодействиях, т.е. образуют то, что идентифицируется как вещество, субстраты. Элементы потоков не имеют зарядов (но порождают их у частиц), являются переносчиками взаимодействий и, возможно, могут быть идентифицированы с полями. Предлагается называть совокупность элементов генерирующих потоков субстанцией.

Генерирующие потоки порождают становление — различие между прошлым и будущим системы состоит в различном количестве в ней субстанции соответствующего иерархического уровня. Признание генерирующих потоков снимает оппозицию второго начала термодинамики существованию феноменов развития, поскольку второе начало относится исключительно к изолированным системам и становится неприменимым к той открытой части Вселенной, где генерирующие потоки порождают течение времени.

Один из глубинных уровней иерархического строения исследуемой системы, на котором есть генерирующий поток, назовем времяобразующим. Любой акт замены элемента на произвольном более высоком, чем времяобразующий, уровне нашей системы назовем событием. Количество элементов генерирующего потока времяобразующего уровня, замененное между двумя событиями в исследуемой системе, назовем интервалом субституционного времени. Подчеркну, что выбор времяобразующего уровня произволен и определяется волей и целями исследователя. При этом шкалы субституционного времени, определяемые различным выбором, могут оказаться друг относительно друга неравномерными. Точнее, промежутки времени, одинаковые в одной шкале, могут оказаться неравными при измерении их в другой (подразумевается принятым *принцип императивности*: интервалы субституционного времени между заменами одного элемента времяобразующего уровня равны между собой и равны единице). Таким образом, субституционное время как феномен изменчивости объектов Мира порождается выделенным генерирующим потоком и параметризуется количеством элементов этого потока. Субституционное время оказывается неуниверсальным; строго говоря, дискретным; а равномерность его хода — относительной.

События на времяобразующем и на более глубоких уровнях строения систем оказываются вневременными (замечу, что уже в квантовой механике существуют вневременные — ” мгновенные “ — события: поглощение и испускание электромагнитных квантов атомами, редукция волнового пакета, изменение квантовых чисел одной из частей системы в результате измерения над другой сколь угодно далеко удаленной ее частью — парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена).

Сделаю разъяснение относительно использованного термина "поток". Часто потоком некоторой величины называют количество этой величины, изменяющееся в системе в единицу физического времени. В описываемой модели время измеряется субституционными часами — количеством замененных элементов определенного иерархического уровня строения системы. В данном контексте под потоком понимается количество элементов, появившихся в системе (или ушедших из нее) за промежуток субституционного времени между двумя фиксированными событиями.

Объединение субстанций всех генерирующих потоков на уровнях, расположенных выше времяобразующего, порождает пространство, в котором существуют и взаимодействуют частицы. Пространство оказывается субстанциональной (но не субстратной) средой. Наглядным образом пространственного строения частиц будут не вихри или торы, а источники ("ключи", "фонтаны", "струи"), бьющие в водоеме-среде. Последовательности "излучённых" частицами элементов потока образуют систему окрестностей частицы, порождают понятие "близости" в пространстве и конструкции топологии и метрики в нём. Как и интервалы времени, предлагается параметризовать пространственные измерения количеством элементов соответствующих иерархических уровней. Вместе с произволом в выборе времяобразующего уровня у исследователя сохраняется произвол в выборе уровней, порождающих пространство (*принцип конвенциональности*).

*Принцип субституционного движения:* любое движение системы состоит в замене составляющих ее на определенном уровне строения элементов, т.е. представляет собой вид изменения системы, или субституционное движение. Замечу, что субституционное движение объектов в пространстве происходит не путем "раздвигания" элементов субстанции, а путем "проникновения" этих элементов в объекты и замене уже имеющихся в объекте элементов, т.е. "эфирного ветра", "эфирного трения" не существует и субстанция генерирующих потоков в указанном смысле не является "эфиром" XIX века. Удачным наглядным образом субституционного движения может быть "бегущая реклама", объекты-знаки которой движутся, благодаря "вхождению" и "выходу" из них ламп-"точек" функционирующей "среды." Подчеркну, что принцип субституционного движения чрезвычайно важен для предлагаемой модели — он позволяет избавиться от многих трудностей, возникающих в моделях непустого пространства.

Распространение генерирующего потока по отношению к частицам-источникам оказывается двух "знаков" — испускание и поглощение. Выделенное направление потока, кроме течения времени, порождает неравноправность правых и левых систем координат, а также различные знаки зарядов. Мысленная операция "обращения" потока должна приводить к трем согласованным эффектам: к обращению направления времени (несоблюдение "временной четности"), к замене правых систем координат левыми или наоборот (несоблюдение "пространственной четности") и к замене знака заряда частиц (изменение "зарядовой четности"; античастица, как принято в квантовой электродинамике, оказывается частицей, движущейся "против времени"). Обращение генерирующего потока (и соответствующее согласованное изменение зарядовой, пространственной и временной четностей) не меняет состояния Мира.

Гипотеза генерирующих потоков допускает и радикальные предположения о специфике явлений жизни: так же как частицы-заряды являются источниками генерирующих потоков, порождающих физические взаимодействия, так и живые организмы есть источники специфических потоков предэлементов каких-то иерархических уровней строения материи. Отличие живого от неживого оказывается связанным со специфичностью и количеством клеточных генерирующих потоков. Искушенный читатель может увидеть в гипотетических субстанциональных потоках субституционного подхода возрождение жизненных сил витализма. Однако утверждения субституционной концепции значительно прозаичнее: речь идет о вполне материальных, но не регистрируемых средствами современных научных технологий уровнях строения естественных систем. Гипотетические потоки предэлементов этих уровней нужны не специально для введения жизненных сил, а отвечают логике вывода субституционным подходом целого круга научных конструкций в естествознании.

## Уравнение субституционного движения

Приведу иллюстрацию возможного пути разработки динамической теории на основе субституционного подхода [5,6]. Рассмотрим двухуровневый иерархический объект, изменчивость которого задается заменами элементов на уровнях его строения. Верхний уровень этого объекта интерпретирую как пространственное измерение нашей модельной системы, а нижний уровень — как субстанциональный референт её координатного времени. Обозначу через  $\Delta n^+$  количество вошедших в систему элементов пространственного уровня и через  $\Delta n^-$  — количество элементов, вышедших из нее. Соответственно  $\Delta m^+$  и  $\Delta m^-$  будут обозначать заменившиеся элементы времяобразующего уровня. Количество элементов верхнего уровня интерпретирую как его энергетическую характеристику — функцию Лагранжа, изменение которой  $\Delta L$  есть  $\Delta n^+ - \Delta n^-$ . Количество элементов нижнего уровня интерпретирую как импульс системы, изменение импульса  $\Delta p$  есть  $\Delta m^+ - \Delta m^-$ . Перемещение в пространстве есть  $\Delta x = \Delta n^+ + \Delta n^-$ , а интервал времени —  $\Delta t = \Delta m^+ + \Delta m^-$ .

Введенные определения позволяют сформулировать теорему динамики субституционного объекта:

$$(1 + a + b) \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta x} + a - b,$$

где  $a = \frac{\overline{\Delta m^+}}{\overline{m}} \frac{n + \Delta n^+}{\Delta n^+ + \Delta n^-}$  и  $b = \frac{\overline{\Delta m^-}}{\overline{m}} \frac{n + \Delta n^-}{\Delta n^+ + \Delta n^-}$ , черта над символами означает усреднение количества элементов нижнего уровня по элементам верхнего уровня. Теорема связывает скорость изменения импульса  $\frac{\Delta p}{\Delta t}$  с действующей на систему "силой"  $\frac{\Delta L}{\Delta x}$ .

Скорость объекта  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  оказывается равной величине  $v = \frac{1}{\overline{m}(1+a+b)}$ , а если движение объекта таково, что в нём меняются элементы (точки пространственного уровня), но предэлементы (элементы времяобразующего уровня) в элементах неиз-

менны (формально:  $\Delta n^+$  и (или)  $\Delta n^- \neq 0$  но  $\overline{\Delta m^+} = \overline{\Delta m^-} = 0$ ), то  $v = \frac{1}{\overline{m}}$ , где  $\overline{m}$  —

среднее  $\left( \begin{array}{l} \text{в смысле: } \overline{m} = \frac{\int_n^{n+\Delta n} m(x) dx}{\Delta n} \end{array} \right)$  число предэлементов в элементах.

Движение субституционного объекта обладает следующими свойствами:

- Поскольку  $\overline{m} \neq \infty$ , то  $v \neq 0$ , т.е. субституционный объект обладает свойством "нелокальности". Для каждого уровня с номером  $i$  существует характерная скорость  $v_i = \frac{1}{\overline{m}_i} \equiv \frac{N_i}{N_{i+1}}$ , где  $N_i$  — число элементов на уровне с номером  $i$ .
- Существует максимально возможная скорость субституционного движения в среде каждого уровня. Этой скоростью обладают объекты, состоящие из "однопредэлементных" ( $\overline{m} = 1$ ) элементов.
- В линейном приближении выполняется теорема сложения скоростей. А именно, пусть элементы среды, содержащие в среднем по  $\overline{m}$  предэлементов, при попадании в объект меняют "наполнение" на  $\Delta \overline{m}^+$  предэлементов, т.е. объект теряет скорость относительно среды. Скорость объекта есть  $v \approx \frac{1}{\overline{m}(1-a)}$ . При  $a = \frac{\overline{\Delta m^+}}{\overline{m}} \frac{n+\Delta n^+}{\Delta n^+ + \Delta n^-} \ll 1$  выполняется  $v = \frac{1}{\overline{m}}(1-a) = v - u$ , где  $u = av$ , или  $u = v - v$ , т.е. относительная скорость может быть представлена алгебраической суммой скоростей.
- Назовем движение с  $\Delta n^+ = \Delta n^-$  и  $\Delta m^+ = \Delta m^-$  равновесным (ни предэлементы в элементах ни элементы в объекте не накапливаются и не истощаются). При равновесном движении действующая на объект сила  $\frac{\Delta L}{\Delta x} = \frac{\Delta n^+ - \Delta n^-}{\Delta n^+ + \Delta n^-}$  равна нулю и импульс постоянен (теорема инерции).
- Равновесное движение не может быть обнаружено при помощи измерения величин  $\Delta L$  и  $\Delta p$ , тождественно равных нулю при любых равновесных движениях (теорема относительности равновесного движения).
- При движении с  $\Delta n^+ = \Delta n^- = 0$  функция Лагранжа системы не меняется, скорость равна нулю, но скорость изменения импульса объекта определяется изменениями предэлементов в его элементах:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\overline{\Delta m^+} - \overline{\Delta m^-}}{\overline{\Delta m^+} + \overline{\Delta m^-}}.$$

- Определим обращение субституционного движения следующими преобразованиями:

$$\Delta n^+ \leftrightarrow \Delta n^- \quad \Delta m^+ \leftrightarrow \Delta m^-$$

Уравнение субституционного движения инвариантно к обращению движения (теорема обращения движения). Замечу, что "обращение времени" ( $\Delta m^+ \rightarrow$

$-\Delta m^+$  и  $\Delta m^- \rightarrow -\Delta m^-$  и, следовательно,  $\Delta t \rightarrow -\Delta t$ ) не оставляет инвариантным уравнение динамики, но сохраняет уравнение Ньютона (см. следующее свойство).

- Для "одноуровневого" движения ( $\Delta n^+$  и (или)  $\Delta n^- \neq 0$ , но  $\overline{\Delta m^+} = \overline{\Delta m^-} = 0$ ) уравнение динамики субституционного движения  $(1 + a + b) \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta x} + a - b$  переходит в уравнение динамики Ньютона  $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta x}$ .
- В случае неинтенсивных замен предэлементов в элементах, точнее при  $a, b \ll 1$ , уравнение динамики в линейном приближении приобретает вид:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta x} - \frac{\Delta L}{\Delta x}(a + b) + a - b. \quad (1)$$

Поскольку  $a, b \sim \frac{1}{m} \sim v$ , то оказывается, что при определенных скоростях движения субституционного объекта появляются дополнительные к Ньютоновским силы, пропорциональные этим скоростям и самим силам (например, при  $\Delta m^+ = \Delta m^- \equiv \Delta m$  оказывается  $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta x} - \frac{\Delta L}{\Delta x} \frac{\overline{\Delta m}}{m} \frac{2n}{\Delta n^+ + \Delta n^-}$ ). При этом уравнение движения не инвариантно к "обращению времени".

- Пусть, кроме уровней элементов и предэлементов, рассматривается и предшествующий им уровень предчастиц. Пусть для предчастиц  $l$  определены изменения "координаты"  $\Delta \tau = \Delta l^+ + \Delta l^-$  и "функции"  $\Delta G = \Delta l^+ - \Delta l^-$ . Уравнение динамики легко обобщается на случай движения с учетом замены предчастиц:

$$\frac{\Delta G}{\Delta \tau}(1 + c + d) = \frac{\Delta p}{\Delta t} + c - d;$$

$$\frac{\Delta G}{\Delta \tau}(1 + a + b + e + f + \dots) = \frac{\Delta L}{\Delta x} + a - b + e - f + \dots,$$

где поправки  $a, b, c, d$  и др. оценивают интенсивности "внутренних" движений в элементах по сравнению с интенсивностью перемещения объекта на уровне элементов.

## Энтропийная параметризация субституционного времени

Измерение пространственных и временных интервалов в субституционном подходе подразумевает осуществление процедуры подсчета количества элементов. Подсчет элементов в структурированных математических объектах, эксплицирующих естественнонаучные объекты при их формальном описании, требует обобщения понятия количества. Один из путей такого обобщения дается функторным методом сравнения математических структур [7]. Аналогом количества элементов бесструктурного множества для объектов с заданной математической структурой служит инвариант математической структуры — количество морфизмов данной структуры.

Инварианты большинства математических структур выражаются через инварианты структуры множества с разбиением, ассоциированным с данной произвольной структурой. Логарифмы инварианта структуры множеств с разбиениями имеют типичный энтропиеобразный вид. Например, если морфизмы, сохраняющие структуру множеств с разбиениями, есть отображения, то логарифм удельного инварианта есть  $-n \sum_{i=1}^w \frac{n_i}{n} \log \frac{n_i}{n}$ , где  $n_i$  — количества элементов в классах разбиения,  $n = \sum_{i=1}^w n_i$ ,  $w$  есть число классов разбиения (сравните с Больцмановской формулой для энтропии идеального газа). Предлагается использовать энтропийные инварианты при параметризации субституционного движения сложных объектов естествознания. Правда, такое использование требует дополнительных предположений о законах, порождающих описание движения.

## Экстремальный принцип субституционного движения

Предлагается *экстремальный принцип* для отбора реального движения из спектра всех потенциально допустимых структурой системой движений: из заданного состояния системы осуществляется переход в то состояние, для которого логарифм инварианта структуры системы максимален в пределах субстанциональных ограничений, обусловленных порождающими изменчивость системы генерирующими потоками.

В силу экстремального принципа логарифм инварианта системы вдоль реальных траекторий не убывает и может, тем самым, играть роль параметрического времени системы, из-за чего и назван её "энтропийным временем."

Рассмотрим пример многоуровневого субституционного объекта со структурой разбиения множества элементов верхнего уровня на классы и генерирующими потоками предэлементов глубинных уровней. Зафиксируем времяобразующий уровень нашей системы глубины  $\tau$ . В силу экстремального принципа движение рассматриваемого объекта описывается следующей вариационной задачей:

$$\begin{aligned} H &= -n \sum_{i=1}^w \frac{n_i}{n} \log \frac{n_i}{n} \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^w \bar{m}_i^k \Delta n_i &\leq \Delta M^k, \quad k = \overline{1, \tau} \\ \sum_{i=1}^w n_i &= n \\ n_i &\geq 0, \quad i = \overline{1, w}. \end{aligned} \tag{2}$$

Здесь  $n_i$  — количество элементов в классе разбиения  $i$ ,  $\bar{m}_i^k$  — среднее количество предэлементов уровня  $k$  в элементах класса  $i$ ,  $\Delta M^k$  — прошедшее через систему количество субстанции генерирующего потока уровня  $k$  за субституционное время  $\Delta M^\tau$ .

Если  $\Delta M^k = 0$ ,  $k = \overline{1, \tau}$ , то система замкнута, экстремальный принцип приводит к равновесному состоянию и эквивалентен второму началу термодинамики. Наличие же генерирующих потоков влечет образование структур и самоорганизацию систем.

Можно показать [8], что для энтропийного времени системы  $H$  выполняется

$$H = \sum_{k=1}^{\tau} \lambda^k \Delta M^k, \quad (3)$$

где  $\lambda^k$  — множители Лагранжа вариационной задачи (2), и что  $\frac{\partial H}{\partial \Delta M^k} \geq 0$  ( $k = \overline{1, \tau}$ ), т.е. энтропийное  $H$  и субституционное  $\Delta M^k$  времена системы монотонны, благодаря чему обретает право существования декларированный выше тезис о возможности энтропийной параметризации субституционного времени. Замечу, что согласно формуле (3) энтропийное время оказывается "усреднителем различных субституционных времен. Также эта формула демонстрирует связь энтропийного времени с обычной термодинамической энтропией: если один из потоков  $\Delta M^k$  есть поток тепла  $\Delta Q$ , то соответствующий множитель Лагранжа обычно обозначается  $1/T$ , где  $T$  абсолютная температура системы, и соответствующий член в сумме приобретает вид термодинамической энтропии  $\Delta Q/T$ .

Для задачи (2) выполняется теорема стратификации [8]: пространство системы  $\prod_{k=1}^{\tau} \Delta M^k$  разбивается на  $2^{\tau} - 1$  областей, в каждой из которых решение задачи (2) зависит от генерирующих потоков одного из непустых подмножеств полного набора уровней  $k = \overline{1, \tau}$ . Для потоков из этого подмножества в соответствующей подмножеству области пространства некоторые неравенства из задачи (2) становятся равенствами, а для уровней, не входящих в рассматриваемое подмножество — строгими неравенствами. Другими словами, в каждой области пространства системы её движения определяется некоторыми из генерирующих потоков и не определяется другими. Если генерирующие потоки различных уровней иерархического строения системы порождают различные типы взаимодействия частиц, то эти взаимодействия проявляются в различных областях пространства системы.

Экстремальный принцип может интерпретироваться как принцип наибольшей структурированности системы, наибольшей её сложности, максимума энтропии. Возможна ещё одна — субстанциональная — интерпретация экстремального принципа. А именно, для вариационной задачи (2) справедлив аналог теоремы Гиббса, согласно которому задача на максимум энтропии с ограничениями сверху генерирующими потоками эквивалентна задаче на минимум любого из генерирующих потоков с ограничениями снизу на структурный инвариант системы. Т.е. экстремальный принцип приобретает смысл минимального "потребления" генерирующей субстанции или минимального субституционного времени.

### Заключительные замечания

Предложенная модель существенно включает представления о субстанциональности пространства. По отношению ко времени модель в определенной степени снимает оппозицию между реляционными и субстанциональными подходами. Дело в том, что традиционные реляционные модели времени (см., например, [9]) постулируют частицы материи и их движение, время же становится конструктом теории. Описываемый подход возлагает ответственность за феномен времени на субстанцию



одного из уровней иерархического строения систем (если угодно — та же материя, но в специфической форме), движение постулируется принципом изменчивости, а субституционные часы и феномен становления становятся конструктами теории. Т.е. реляционный и субстанциональный подходы оказываются схожими по своей структуре, только первый из них имеет дела с материальными объектами в известной форме, а второй — с материей, не идентифицируемой пока современными научными технологиями.

Идея генерирующих потоков, порождающих течение времени, не нова ни в философии, ни в естествознании. Например, в физике "поток времени", несущий энергию (но не импульс) и обладающий "активными" свойствами изучался Н.А.Козыревым [10]. В связи с формулой (1), замечу, что в большом цикле работ Н.А.Козырев экспериментально измерял дополнительные к ньютоновским силы, пропорциональные скоростям движения и весу тел. Описание методик козыревских работ содержится в обзоре [11]).

Лесажевский механизм моделирования взаимодействия частиц-источников или стоков субстанциональных потоков удобно проиллюстрировать цитатой, относящейся к закону тяготения Ньютона: "Современное доказательство теоремы Ньютона основано на гидродинамических соображениях, восходящих к Лапласу: дело в том, что единственное сферически симметричное течение несжимаемой жидкости — это течение по радиусам со скоростью, обратно пропорциональной квадрату расстояния от центра. . . Итак, силовое поле притяжения точечной массой математически совпадает с полем скоростей несжимаемой жидкости"[12].

Модели с рождением вещества во Вселенной интенсивно обсуждаются в астрофизике уже около полувека. В свете современных наблюдательных астрофизических данных эти модели получили новый импульс [13].

Гипотеза существования генерирующих потоков в значительной степени радикальна. Сдержанно настроенному читателю можно предложить рассматривать гипотезу потока лишь как удобное средство описания и моделирования феноменов становления, течения времени, развития. Т.е., если угодно, перевести представления о потоке из области онтологии в методы гносеологии.

Впрочем, конструктивная постановка вопроса, по-видимому, состоит не в том, существует ли порождающий поток, а в том, как его операционально предъявить, т.е. как воспроизводимо измерить какие-либо характеристики потока, отличные от основного его проявления — течения нашего времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. И. Пригожин, И. Стенгерс. Время, хаос, квант. М.: Прогресс. 1994. 266 с.
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. М.: Физматгиз. 1964. С. 45-46.

3. Н.А. Козырев. Причинная механика и возможность экспериментального исследования свойств времени // История и методология естественных наук. Вып. 2. М.: 1963. С.95–113.
4. А.П. Левич. Метаболическое время естественных систем // Системные исследования. Ежегодник 1988. М.: Наука. 1989. С.304–325.
5. А.П. Левич. Время как изменчивость естественных систем и как способ её параметризации. М.: ВИНТИ. 1989. 101с.
6. A.P. Levich. Time Is Variability of Natural Systems: Ways of Quantitative Description of Changes and Creation of Changes by Substantial Flows // On the Way to Understanding the Time Phenomenon: the Constructions of Time in Natural Science. Part 1. Interdisciplinary Time Studies. L.: World Scientific. 1995. Pp. 149–192.
7. А.П. Левич. Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М.: Издательство Московского университета. 1982. 190с.
8. А.П. Левич, В.Л. Алексеев, В.А. Никулин. Математические аспекты вариационного моделирования в экологии сообществ // Математическое моделирование. 1994. Т.6. N. 5. С.55–71.
9. В.В. Аристов. Статистическая модель часов в физической теории // Доклады РАН. 1994. Т.334. N. 2. С.161–164.
10. Н.А. Козырев. Избранные труды. Л.: Издательство Ленинградского университета. 1991. 445с.
11. A.P. Levich. A Substantial Interpretation of N.A.Kozyrev's Conception of Time // On the Way to Understanding the Time Phenomenon: the Constructions of Time in Natural Science. Part 2. The "Active" Properties of Time According to N.A. Kozyrev. L.: World Scientific. 1995. Pp. 1–42.
12. В.И. Арнольд. Трёхсотлетие математического естествознания и небесной механики // Природа. 1987. N. 8. С.5–15.
13. F. Hoyle, G. Burbidge and I.V. Narlicar. A Quasi-Steady State Cosmological Model with Creation of Matter // The Astrophysical J. 1993. V. 410. Pp.437–457.