

О. Ю. Гончарко

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ВРЕМЕННЫХ ЛОГИК (ОБЗОР РОССИЙСКИХ ПУБЛИКАЦИЙ)

*Аннотация:* В статье дан обзор российских исследований в области временных логик за последние двадцать лет. Рассматриваются теоретические и прикладные проблемы, затронутые современными российскими учеными в публикациях и выступлениях на конференциях за период с 1990 по 2010 гг.\*

*Ключевые слова:* временные логики, история логики, логика изменения, модально-временные логики, приложения временных логик.

*Abstract:* The article is devoted to the review of the Russian studies in temporal logics since 1990. Theoretical and applied investigation problems that are touched upon in the works of Russian scientists are covered in this paper.

*Keywords:* tense logic, history of logic, logic of change, modal and temporal logic, applications of tense logic.

Для последовательного рассмотрения работ, посвященных временным логикам, целесообразно разделить их на исследования синтаксиса и семантики логических систем и их выразительных возможностей. Исследования же прикладного характера, такие как логические реконструкции философских идей, лингвистические приложения, приложения в сфере искусственного интеллекта и вычислительной техники (computer science), приложения временных языков к анализу других логических систем, можно рассмотреть отдельно. Данное разделение хотя и не является полным и исчерпывающим, однако представляет собой некоторую типологию, с которой вполне уместно подойти к рассмотрению вопроса о темах и тенденциях развития идей в данной области в России.

Исследования синтаксиса и семантики временных систем проводятся в соответствии со свойствами конкретных систем, учитывающих временной параметр суждений: это различные логики изменения, модально-временные логики, логики направленности времени. Вопросы семантики временных логик

---

\* В статье учтены публикации, касающиеся временных логик, российских периодических изданий по логике, таких как «Логические исследования», «Логико-философские штудии», «Труды научно-исследовательского семинара Логического центра Института философии РАН», а также материалы конференции «Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке».

© О. Ю. Гончарко, 2010

затрагивают проблематику интервальных, событийных и точечных систем — какие из них являются наиболее эффективными для выражения темпоральных смыслов, таких как длительность, изменение, направление, необратимость и др. В контексте развития выразительных возможностей временных языков используются реконструкции логических идей прошлого средствами современных логик, в связи с чем исследования истории временных логик влияют непосредственно на развитие синтаксиса уже существующих систем, а также на создание новых. Интересны также исследования приложений временных логик в различных сферах: лингвистические приложения (логический анализ грамматических фрагментов естественных языков (времен и видов глаголов)), приложения в информационных технологиях (computer science), логические экспликации некоторых философских темпоральных понятий и идей, а также приложения аппарата временных логик к анализу проблем других неклассических логик. Рассмотрим последовательно все области данных исследований.

### 1. Логика изменения

Различные логики изменения являются, как правило, интервальными логиками, мотив построения которых заключается в попытке разрешения парадокса «разделяющего мгновения» или в поиске выразительных возможностей для экспликации противоречивости интервалов изменения. В. В. Поповым в статье «Интервальная семантика для непрерывного изменения»<sup>1</sup> исследуется внутренняя структура интервала изменения, вводится понятие непрерывного изменения, строится семантика непрерывного изменения с учетом допущения о наличии изменения в любой части рассматриваемого интервала. Символом « $\rightarrow$ » автор обозначает непрерывное изменение и формулирует условия истинности формул, содержащих данный символ. В. В. Попов предлагает интересную логическую систему, которая может адекватным образом выразить ситуацию «сверхпротиворечивости» переходного интервала изменения (или противоречивости в смысле «логического хаоса», когда то или иное высказывание может быть одновременно истинным и ложным)<sup>2</sup>. Автор модифицирует вригтовское исчисление «And Next» и предлагает систему, в которой «неистинность» как логическая оценка суждения не совпадает с ложностью, но слабее ложности: «ложное высказывание не является истинным, но не всякое неистинное высказывание является также и ложным»<sup>3</sup>. Данная си-

<sup>1</sup> Попов В. В. Интервальная семантика для непрерывного изменения // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. Л., 1990. С. 18–19.

<sup>2</sup> Попов В. В. Логика противоречивости изменения: семантический подход Вригта // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. Л., 1990. С. 54–57.

<sup>3</sup> Там же. С. 56.

стема предоставляет хороший логический инструментарий для работы с противоречивостью интервала изменения, однако для этого необходимо строить дополнительную систему логики истины. В. В. Поповым различаются также классические, неклассические и противоречивые ситуации<sup>4</sup>. Принципы непротиворечия и исключенного третьего выполняются для всех классических ситуаций. В неклассической ситуации не выполняется закон исключенного третьего, в противоречивой ситуации не действует закон непротиворечия, т. е. отрицается прямая зависимость между существованием в интервале состояния  $p$  и несуществованием  $\sim p$ . Автор предлагает нестандартное представление противоречивости структуры интервала изменения с учетом классических и неклассических ситуаций. В работе по данной теме В. В. Попов и А. В. Шолохов ставят довольно интересные вопросы, связанные с понятием противоречивости интервала изменения, например: традиционно в логике полагают противоречивой ситуацию одновременного присутствия суждения  $p$  и его отрицания  $\sim p$ , но каким образом можно характеризовать с точки зрения противоречивости их одновременное отсутствие? Является ли такая ситуация противоречивой или просто неопределенной? Каково отношение между неопределенностью и противоречивостью? В структуре интервала изменения авторы выделяют три подинтервала: интервал входа в изменение, интервал логического хаоса, интервал выхода<sup>5</sup>.

В статье О. А. Солодухина строится исчисление  $T$ -логики актуального (линейного) изменения на основе системы Г. Х. Вригта «And Next» с дополнительной аксиомой транзитивности, доказывается теорема полноты класса  $T$ -тезисов классу  $T$ -истинных формул<sup>6</sup>. Аксиомы  $T$ -исчисления и условия истинности формул формулируются автором в процессе доказательства теоремы о полноте логики линейного изменения методом С. Крипке.

## II. Модально-временные логики

Исследования в области построения модально-временных логик можно разделить на три области: 1) построение систем, совмещающих временные и алетические модальности в рамках единого синтаксиса; 2) системы с единичными модально-временными операторами; 3) временные логики со стандартными и нестандартными условиями сопряженности прошлого и будущего и их мо-

<sup>4</sup> Попов В. В. Логика изменения: противоречивость структуры интервала изменения // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 1996. С. 42–43.

<sup>5</sup> Попов В. В., Шолохов А. В. Логика изменения: противоречивость структуры // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2000. С. 232–239.

<sup>6</sup> Солодухин О. А. Теорема полноты для логики линейного изменения // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 1996. С. 47–49.

дальние фрагменты. О. А. Солодухин в статье «Логика тенденций изменения»<sup>7</sup> различает три самостоятельные сферы исследований в рамках общей логической теории изменения: логика актуального изменения, логика потенциального изменения и логика тенденций изменения. Последние две логики можно рассматривать как последовательные усложнения первой. Если первая логика (актуального изменения) анализирует логические свойства высказываний о линейно упорядоченной смене состояний изменения, вторая логика (потенциального изменения) — модальные характеристики изменения («свойства высказываний о возможности и необходимости изменения»<sup>8</sup>), то логика тенденций изменения — «свойства высказываний об актуальности возможных для изменения ситуаций»<sup>9</sup>. Автором формулируются аксиомы исчисления тенденций изменения, которые подразделяются на временные, модальные аксиомы и аксиомы, устанавливающие связи между формулами с временными и модальными операторами. Аксиомы последнего типа необходимы, так как отражают идею древовидной структуры с выделенной одной актуальной ветвью актуального изменения, поскольку «структура тенденций изменения получается в результате наложения линейной структуры актуального изменения на древовидную структуру потенциального изменения»<sup>10</sup>. В этом смысле О. А. Солодухиным строится достаточно интересная система модально-временной логики, которая, с одной стороны, преодолевает недостаток классических модально-временных систем оккамовского типа, заключающийся в невозможности отразить простое будущее время (не необходимо-будущее и не возможно-будущее)<sup>11</sup>, а с другой — недостаток детерминистских систем диодоровского типа (систем, выделяющих единственное возможное актуальное будущее)<sup>12</sup>, которые вынуждены утверждать, что

<sup>7</sup> Солодухин О. А. Логика тенденций изменения // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 1994. С. 86–89.

<sup>8</sup> Там же. С. 86.

<sup>9</sup> Там же.

<sup>10</sup> Там же. С. 87.

<sup>11</sup> См. работы: Prior A. N. *Past, Present, Future*. Oxford, 1962; Карпенко А. С. Фатализм и случайность будущего: логический анализ. М., 1990; Hasle P. F. V., Ohrstrom P. *Temporal Logic — from Ancient Ideas to Artificial Intelligence*. Dordrecht, 1995; Nishimura H. *Is the Semantics of Branching Structures Adequate for Non-Metric Ockhamist Tense Logics?* // *Journal of Philosophical Logic* (Dordrecht). 1979. N. 8. P. 477–478; Zanardo A. *Axiomatization of 'Percean' Branching-Time Logic* // *Studia Logica*. 1990. Vol. 51. P. 183–195.

<sup>12</sup> См. работы: Prior A. N. *Diodoran Modalities* // *The Philosophical Quarterly*. 1955. Vol. 5. N. 20. P. 205–213; Barker J. A., Parson T. D. *Aristotle vs Diodorus: Who Won the Fatalism Debate?* // *Philosophy Research Archives*. 1985 (1986). Vol. 11. P. 41–76; Hintikka J. *Aristotle on Modality and Determinism* // *Acta Philosophica Fennica*. 1977. Vol. 29. N 1. P. 7–124; Mates B. *Stoic Logic*. Los-Angeles, 1961; Mates B. *Diodorean Implication* // *The Philosophical Review*. 1949. Vol. 58. P. 234–242; Michael F. S. *What is the Master Argument of Diodorus Chronos?* // *American Philosophical Quarterly*. 1976. Vol. 13. N 3. P. 229–235; Rescher N. *A Version of the "Master Argument" of Diodorus* // *Journal of Philosophy*. 1966. Vol. 63.

все возможности сбудутся. Такое наложение линейной структуры на древо-видную позволяет, с одной стороны, выделить актуальное будущее, а с другой — оставить пространство для возможных, но никогда не реализующихся тенденций.

В статье А. Д. Яшина рассматривается исчисление, созданное для формализации свойств модализированного временного оператора в рамках интуиционистской логики высказываний и предлагается модифицированный<sup>13</sup> («более наглядный по сравнению с абстрактной окрестностной семантикой»<sup>14</sup>) вариант окрестностной семантики, который позволяет доказать финитную аппроксимируемость данного исчисления, а также строить другие его расширения.

В работах Е. В. Фримучковой рассматривается проблема аксиоматизации полимодальных фрагментов временных логик со стандартными и нестандартными условиями сопряженности прошлого и будущего, производится сравнительный анализ систем В. А. Смирнова  $K_c$  и  $K_r$  в аспекте отношений между модальными и временными логиками<sup>15</sup>. Различие этих систем проявляется при исследовании связей между модальностями различных видов, по-разному определенными в терминах временной логики. В истории временной логики сложилось три вида определения алетических модальностей при помощи временных:  $D_1$  — Диодорово определение,  $D_2$  — Аристотелево определение и  $D_3$  — определение В. А. Смирнова. В данной статье Е. В. Фримучковой была выявлена следующая выразимость модальностей одного типа через итерацию модальностей двух других типов для системы  $K_c + HA \supset PA \rightarrow \Box_2 A \equiv \Box_2 \Box_1 A$ , тогда как для системы  $K_r$  такого типа связи между различно определенными модальностями нет, хотя имеются некоторые другие зависимости:  $\Box_3 A \supset \Box_1 A$  и  $A \supset \Box_1 \Diamond A$ . Интересные отличия этих систем проявляются и при попытке аксиоматизировать их полимодальные фрагменты при различных определениях. Автором обосновывается перспективность дальнейших исследований в области временных логик с нестандартными условиями сопряженности прошлого и будущего времени.

N 13. P. 438–445; *Wright G. H. von*. The “Master argument” of Diodorus // *Essays in Honor of J. Hintikka*. Dordrecht, 1979. P. 297–307.

<sup>13</sup> Яшин А. Д. Об операторе сильного будущего времени в интуиционистской логике высказываний // *Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке*. СПб., 1996. С. 57–58.

<sup>14</sup> Там же. С. 57.

<sup>15</sup> Фримучкова Е. В. 1) К вопросу о временных логиках с нестандартными условиями сопряженности прошлого и будущего // *Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке*. СПб., 2000. С. 254–256; 2) Полимодальные фрагменты временных логик с нестандартными условиями сопряженности прошлого и будущего // *Труды научно-исследовательского семинара Логического центра Института философии РАН*. Вып. 1997. М., 1998. С. 139–149.

В статье «Аналитико-табличные процедуры для временных логик»<sup>16</sup> О. М. Григорьев разработал аппарат аналитических таблиц для формализации временной логики  $K$ , и ряда ее расширений, в работе «Аналитико-табличная формализация временных логик с нестандартным отношением прошлого и будущего»<sup>17</sup> применяется аналитико-табличный метод к временным логикам В. А. Смирнова, в которых предлагаются два различных отношения  $R_1$  и  $R_2$  на множестве моментов времени  $W$ , интерпретируемых как отношение «раньше–позже» и отношение причинности. Наличие двух таких отношений в системе позволяет избежать некоторых интуитивно неприемлемых следствий, которые принимаются в стандартных временных логиках: например, взаимообратность отношений достижимости в прошлое и в будущее (*mirror image rule*), а также детерминистская аксиома связи  $A \supset HFA$  (закон перемешивания грамматических времени У. Оккама). Предложенный О. М. Григорьевым способ построения таблиц удобен, поскольку позволяет моделировать дополнительные ограничения на отношения, не изменяя исходной совокупности правил.

### III. Логика направленности изменения

В рамках данных систем исследуются такие понятия, как направленное время, абсолютная и относительная направленность изменений, асимметричные темпоральные связки и другие связки, учитывающие необратимость и направленность временного ряда. Авторы статьи «К вопросу о переходных состояниях в контексте логики изменения»<sup>18</sup> Б. В. Асатрян и М. И. Царева анализируют концепцию логики направленности изменения Л. Роговского, в частности, некоторые тезисы так называемой многозначной логической теории изменения. Авторами выявляются препятствия на пути представления тезиса, описывающего переходное состояние в рамках изменения, а также ставится вопрос об эффективности использования смысла классической конъюнкции при построении формальных моделей некоторых фрагментов реальности. В статье предлагается использовать «асимметричную темпоральную конъюнкцию» и одновременно формулируется возражение против

<sup>16</sup> Григорьев О. М. Аналитико-табличные процедуры для временных логик // *Logical Studies*. 2000. N 4. — <http://www.logic.ru/Russian/LogStud/04> (дата обращения: 09.02.2010).

<sup>17</sup> Григорьев О. М. Аналитико-табличная формализация временных логик с нестандартным отношением прошлого и будущего // *Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке*. СПб., 2002. С. 442–445; Болотов А. Е., Бацуковски А., Григорьев О. М., Шангин В. О. Натуральный вывод для системы логики линейного времени // *Логические исследования*. Вып. 13. М., 2006.

<sup>18</sup> Асатрян Б. В., Царева М. И. К вопросу о переходных состояниях в контексте логики изменения // *Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке*. СПб., 2004. С. 348–351.

нее: контрпример, связанный с тем, что тезис, содержащий асимметричную темпоральную конъюнкцию, «может обозначать и неоконченный процесс, из чего следует возможность предположения бесконечного вхождения изменений в переходное состояние»<sup>19</sup>.

В. Л. Васюковым представлена бесконечнозначная логика направленного времени с оператором фон Вригта, полученная путем добавления к аксиомам бесконечнозначной логики Лукасевича двух аксиом ( $O\sim A \leftrightarrow \sim OA$  и  $O(A \rightarrow B) \rightarrow (OA \rightarrow OB)$ ) и одного правила вывода  $A/OA$ <sup>20</sup>. На место  $O$  можно подставить, например, оператор будущего времени  $F$ . Автором предложена система бесконечнозначной логики времени  $L_{\infty} F$  с оператором будущего времени, а также доказывается непротиворечивость и полнота предложенной системы относительно семантики возможных миров с тернарным отношением достижимости и бесконечнозначной матрицей истинностных значений<sup>21</sup>.

Н. И. Стешенко строит оригинальное исчисление первопорядковой логики направленности изменения на основе предикатного расширения пропозициональной логики направленности изменения Л. Роговского. Представлены синтаксис и семантика данного исчисления, перечислены аксиомы и некоторые доказуемые формулы, формулируется теорема о полноте<sup>22</sup>. Также в настоящем выпуске «Логико-философских штудий» опубликована вторая часть статьи Н. И. Стешенко «Первopядковая логика направленности изменения  $R_Q$ »<sup>23</sup>.

В работе «Три вектора времени»<sup>24</sup> А. М. Анисовым осуществляется логическое уточнение понятия направленности времени. Понятие абсолютной направленности времени интерпретируется при помощи временных структур, чувствительных к обращению временного порядка, тогда как относительная направленность позволяет правилу зеркального отражения (mirror image rule)

<sup>19</sup> Там же. С. 350.

<sup>20</sup> *Васюков В. Л.* Бесконечнозначная логика направленного времени // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 1998. С. 58–60; *Vasyukov V. L.* The Completeness of Factor Semantics for Lukasiewicz's Infinite-Valued Logics // *Studia Logica*. 1993. Vol. 52. P. 143–167.

<sup>21</sup> *Васюков В. Л.* Направление времени в семантике многозначных возможных миров // Труды научно-исследовательского семинара Логического центра Института философии РАН. Вып. 1998. М., 1999. С. 143–155.

<sup>22</sup> *Стешенко Н. И.* 1) Аксиоматическое исчисление первопорядковой логики направленности изменения // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2008. С. 310–315; 2) Логика направленности и изменения Л. Роговского как функциональная система // Логические исследования. Вып. 13. М., 2006. С. 159–170.

<sup>23</sup> Первая часть данной работы была опубликована в предыдущем выпуске «Логико-философских штудий». См.: *Стешенко Н. И.* Первopядковая логика направленности изменения  $R_Q$ : аксиоматическое исчисление // Логико-философские штудии. Вып. 7. СПб., 2009. С. 26–41.

<sup>24</sup> *Анисов А. М.* Три вектора времени // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2002. С. 423–426.

иметь место. В работе обосновывается тезис о невозможности моделировать течение времени никакими аксиоматическими, функциональными, теоретико-множественными или другими любыми методами классической математики. Единственным средством на данный момент, способным моделировать течение времени, являются некоторые компьютерные программы, «позволяющие различать конечный или промежуточный результат работы программы и реальную последовательность шагов или процесс, который привел к искомому результату»<sup>25</sup>. Последовательность реализации данных программ можно трактовать как «порождение последовательности моментов очень простого модельного времени»<sup>26</sup>. Также А. М. Анисовым вводятся понятия обратимости в сильном смысле и обратимости в слабом смысле в контексте данной проблематики.

Обогащению синтаксиса временных логик посвящена работа О. А. Солодухина «Кванторная логика актуального изменения»<sup>27</sup>. В данной работе производится теоретико-модельное обоснование вариантов кванторного расширения исчисления «And Next». Автор использует метод модельных конструкций.

#### IV. Интервальные временные логики

В. В. Попов и А. Ю. Мордовцев анализируют возможности взаимоперевода языков моментной и интервальной концепции времени и утверждают два возможных определения понятия интервала в терминах моментов: один из них принадлежит Й. ван Бен temu, правомерность другого обосновывается авторами: интервал как упорядоченное отношение предшествования множество моментов (вариант ван Бен тема) и интервал как «темпоральное отношение между упорядоченной отношением строгого предшествования парой моментов»<sup>28</sup>. Производя сравнительный анализ двух используемых в логике понятий интервала (интервала как множества моментов и интервала как темпорального отношения между моментами), авторы выделяют некоторые недостатки первой (теоретико-множественной) концепции интервала, восходящей к идеям Зенона и наследующей все парадоксы и сложности оценки процессов на моментных структурах времени. Определяя интервал в качестве не состоящего из моментов времени, но задающегося ими как ограничивающими точками, мы получаем возможность рассматривать интервал как единицу времени, но такую, что всегда можно выделить на ней произвольную точку, не являющуюся в свою очередь

<sup>25</sup> Там же. С. 424.

<sup>26</sup> Там же.

<sup>27</sup> Солодухин О. А. Кванторная логика актуального изменения // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. Л., 1990. С. 42–45.

<sup>28</sup> Попов В. В., Мордовцев А. Ю. Два метода взаимоперевода темпоральных структур // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 1994. С. 64.



элементом (частью) данного интервала. Такая концепция времени напоминает аристотелевскую, изложенную в четвертой главе «Физики».

В другой работе<sup>29</sup> авторами представлен перевод аксиом, адекватных моментной структуре времени, в интервальный язык на основе использования определения Ч. Хэмблина.

Н. К. Косовским предлагается в рамках концепции ограниченного дискретного времени рассматривать вероятность суждения относительно частоты его выполнения в рамках всего изучаемого интервала, что отличается от предыдущих попыток анализа вероятности утверждений относительно «области рассмотрения (насколько часто в ней выполняется изучаемое утверждение)»<sup>30</sup>, или относительно возможных миров (насколько часты миры, выполняющие данное утверждение).

## V. История временных логик

Истории временных логик посвящена статья И. Талло «Временная силлогистика У. Оккама»<sup>31</sup>. Автором рассматриваются правила построения силлогизмов, содержащих суждения прошлого, настоящего и будущего времени, предложенные У. Оккамом в «Сумме логики». Оккам обосновывал возможность обращения суждений прошлого времени с множеством настоящих объектов в суждения прошлого времени с множеством прошлых объектов: «Некоторый А (существующий в настоящем) был В» обращается в «Некоторый В (существовавший в прошлом) был А», а также в суждение настоящего времени «Некоторый В (существовавший в прошлом) есть А». Автором эксплицируются некоторые общие правила временных умозаключений для первой фигуры силлогизма с временными суждениями: «В модусах первой фигуры можно заключать в случаях: а) если большая посылка является суждением прошлого с субъектом, замещающим вещи, которые были (тогда меньшая посылка должна быть суждением в прошедшем времени, и заключение также получается в прошедшем времени); б) если большая посылка является суждением прошлого с субъектом, замещающим существующие предметы, а меньшая посылка — суждением настоящего времени (в таком случае заключение должно быть в прошедшем времени); в) если большая посылка является суждением настоящего, с субъектом, замещающим вещи, которые были,

<sup>29</sup> Попов В. В., Пономарева Н. И. Металогический синтез логических структур времени // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2002. С. 496–498.

<sup>30</sup> Косовский Н. К. Интервальные логики вероятностно-временного типа // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2002. С. 459–462.

<sup>31</sup> Талло И. Временная силлогистика У. Оккама // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. Л., 1990. С. 51–53.

а меньшая посылка является суждением в прошедшем времени с субъектом, замещающим существующие предметы (тогда мы можем получить заключение и в настоящем, и в прошлом времени)»<sup>32</sup>. Правила второй и третьей фигуры в работе не рассматриваются, но могут быть сформулированы по аналогии, при этом их корректность может быть проверена при помощи сведения к модусам первой фигуры.

## VI. Лингвистические приложения временных логик

В статье «Логико-лингвистические аспекты проблемы истинности высказываний о процессах»<sup>33</sup> производится семантический анализ динамических операторов английского языка *PAST*, *PROG*, *BECOME*, *FUTURE* и двухместной связки *CAUSE*. Проблема истинности высказываний, содержащих данные операторы, рассматривается сначала для линейного, а затем для ветвящегося времени, при этом в качестве элементарной временной единицы принимается интервал, что позволяет выделить в рамках ветвящейся структуры времени интересные ситуации, как, например, такую, в которой конечный подинтервал интервала изменения может лежать в одном из возможных будущих, которые не будут актуализированы, что создает проблему характеристики данного интервала в качестве интервала изменения. В статье рассмотрены условия истинности для различных ситуаций изменения с разной модальностью подинтервалов. Показывается некорректность оператора *FUTURE* для ветвящегося времени.

## VII. Временные логики и информационные технологии

В. Н. Стеблецова рассматривает вопросы, связанные с использованием логики ветвящегося времени для описания вычислительных свойств и верификации параллельных программ, а также некоторые критерии оценки временных логик как пригодных для применения в анализе параллельных программ<sup>34</sup>. В статье приведены аксиомы, правила вывода и теоремы подходящей для данных целей системы, а также ряд производных правил, позволяющих с учетом структуры конкретной параллельной программы установить базисные модально-временные утверждения, из которых при помощи аксиом и правил вывода получается результат, учитывающий индетерминистический характер параллельных программ. В качестве примера приводится доказательство нали-

<sup>32</sup> Там же. С. 52.

<sup>33</sup> Попов В. В., Шолохов А. В., Цурюна А. Ю. Логико-лингвистические аспекты проблемы истинности высказываний о процессах // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 1998. С. 274–279.

<sup>34</sup> Стеблецова В. Н. Логика ветвящегося времени как инструмент спецификации и верификации параллельных программ // Логические исследования. Вып. 2. М., 1993. С. 159–170.

чия у параллельной программы «отправитель-адресат» свойств предшествования, которые характеризуют ее правильное вычислительное поведение.

### **VIII. Применение временных логик к анализу других неклассических логик**

Аппарат временных логик возможно также применять в других неклассических логиках. Э. Ф. Караваев в работах «О возможностях временной интерпретации деонтических операторов» и «О временной квалификации нормативных высказываний» показывает продуктивность перевода нормативных высказываний на язык временной логики, который позволяет прояснить отношения между понятиями деонтическая дилемма и деонтическая непротиворечивость<sup>35</sup>. Также временная интерпретация нормативных высказываний позволяет делать выводы относительно адекватности, полноты и разрешимости деонтических систем, если соответствующие им временные системы обладают данными свойствами.

### **IX. Философские приложения временных логик**

Многими авторами поднимались некоторые философские вопросы, к анализу которых можно применять аппарат временных логик: понятие судьбы в контексте проблемы истинности высказываний о будущем<sup>36</sup>, понятия событие и изменение<sup>37</sup>, правомерность аксиоматического подхода к созданию теории времени<sup>38</sup>, метрика пространственно-временной структуры и понятие «атом времени»<sup>39</sup>, временные различия в доказательствах и рассуждениях (три временных аспекта доказательства — еще недоказанное, доказываемое и уже доказанное — как повод «не разводить» строго понятия временного и логического следования)<sup>40</sup>, применение временной логики в философской антро-

<sup>35</sup> Караваев Э. Ф. 1) О возможностях временной интерпретации деонтических операторов // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2000. С. 190–194; 2) О временной квалификации нормативных высказываний // Логические исследования. М., 2000. С. 277–284.

<sup>36</sup> Быстрова С. П. Вопрос о судьбе и проблема истинности высказываний о будущем // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2000. С. 282–286.

<sup>37</sup> Попов В. В., Щеглов Б. С. К вопросу о статусе понятий «событие» и «изменение» // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2002. С. 270–272.

<sup>38</sup> Малюкова О. В. Постигание времени: аксиоматический подход // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2000. С. 64–66.

<sup>39</sup> Караваев Э. Ф. О временной логике и одной малоизвестной работе Маркова // Логические исследования. Вып. 6. М., 1999. С. 186–195.

<sup>40</sup> Родин А. В. Логика и время // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2000. С. 103–105.

пологии<sup>41</sup> или к решению апорий Зенона<sup>42</sup>, логические модели планирования деятельности в контексте концепции «ограниченной рациональности»<sup>43</sup>, семантические аспекты понятия изменение<sup>44</sup>, логические условия возможности времени<sup>45</sup>, направленность и обратимость времени<sup>46</sup>, проблема разделяющего мгновения<sup>47</sup>, понятие взаимовыразимости временных и алетических модальностей<sup>48</sup>, идея временной математики<sup>49</sup>.

<sup>41</sup> Балахонова Л. В. Временной аспект случайности: применение логики в философской антропологии // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2002. С. 12–15.

<sup>42</sup> Солодухина А. О. Решил ли Айдукевич апорию Зенона «Стрела»? // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 1996. С. 108–109.

<sup>43</sup> Караваев Э. Ф. Логическая модель планирования и опытные данные о «Парадоксе стратегии» // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2008. С. 350–353.

<sup>44</sup> Попов В. В., Семенова В. Г. Семантика изменения с точки зрения логики и языка // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2008. С. 376–379.

<sup>45</sup> Самохвалов К. Ф. К вопросу о природе времени // Логические исследования. Вып. 8. М., 2001. С. 168–171.

<sup>46</sup> Анисов А. М. 1) Направленность и обратимость времени // Логические исследования. Вып. 6. М., 1999. С. 195–218; 2) Может ли пространство быть непрерывным, а время дискретным? // Логические исследования. Вып. 1. М., 1992; 3) Становление и ЭВМ // Логические исследования. Вып. 2. М., 1993; 4) Логика неопределенности и неопределенности во времени // Логические исследования. Вып. 9. М., 2002; 5) Классическая вычислимость и признаки индетерминизма // Логические исследования. Вып. 14. М., 2007; 6) Апоории Зенона и проблема движения // Труды научно-исследовательского семинара Логического центра Института философии РАН. Вып. XIV. М., 2000. С. 139–155.

<sup>47</sup> Шапчиц П. А. О проблеме разделяющего мгновения во временной логике // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2008. С. 407–411.

<sup>48</sup> Романенко О. Ю. Временные и алетические модальности // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2008. С. 384–387.

<sup>49</sup> Кохан Я. А. Новый подход к временной логике // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. СПб., 2002. С. 65–67.