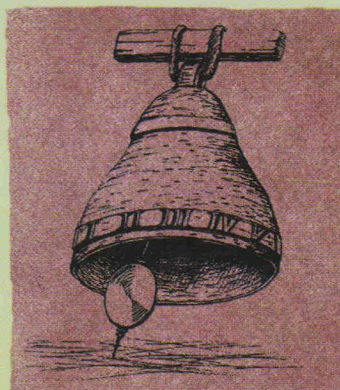


НА ПУТИ К ПОНИМАНИЮ ФЕНОМЕНА ВРЕМЕНИ

КОНСТРУКЦИИ
ВРЕМЕНИ
В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ



УДК 5
ББК 2.20
Н 12

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ)
проект № 08-03-16009*

Н 12 **На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем / Под ред. А.П. Левича. — М.: Прогресс-Традиция, 2009. — 480 с.**

ISBN 5-89826-297-0

Что и откуда «течет» в нашем Мире, порождая изменения и даря новое Миру? Что не позволяет Миру оставаться постоянным? Что же такое время? Механик скажет, что время – это движение, астрофизик – это расширение Вселенной, термодинамик – это рост энтропии, биолог – это жизнь, историк – это смерть, психолог – это сознание... Время многолико. Это и явление Мира, обнаруживающее себя изменениями внутри и вне нас, и способ измерения изменений, именуемый часами, и конструкт человеческого разума, позволяющий описывать и сопоставлять изменения друг с другом. Как представления о времени зависят от господствующих в обществе мировоззрения и культуры? Каковы пути, этапы и законы развития Вселенной, биосферы, общества, индивида? Почему наиболее трудные проблемы естествознания, как правило, требуют для своего решения серьезных изменений в представлениях о времени? Как представления о времени связаны с иными фундаментальными понятиями естествознания, например с такими, как пространство, материя, движение, заряды, взаимодействие, энергия, энтропия, жизнь, сознание?.. Почему проблемы времени оказываются столь притягательными для человеческого разума?

Профессиональные естествоиспытатели – физики, биологи, географы, специалисты по теории систем, а также математики и философы – участники Российского междисциплинарного семинара по изучению времени, который много лет работает в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, задумались о том, можно ли предложить явную модель времени – этого трудноуловимого и неподвластного человеческой воле элемента бытия.

В 1996 году вышли первые две части труда «На пути к пониманию феномена времени»: «Часть 1. Междисциплинарные исследования. М.: Изд-во Моск. ун-та» и «Part 2. The «Active Properties of Time according to N.A. Kozyrev. Singapore: World Scientific».

УДК 5
ББК 2.20

ISBN 5-89826-297-0

© Коллектив авторов, 2009
© Ваншенкина Г.К., оформление, 2009
© «Прогресс-Традиция», 2009

Оглавление

Предисловие	5
Раздел I. Модели времени и методология науки	
Глава I. Почему скромны успехи в изучении времени. <i>А.П. Левич</i>	15
Глава II. Темпоральность и естественные науки. <i>В.П. Казарян</i>	30
Глава III. Математический аспект изучения категории времени. <i>А.В. Коганов</i>	64
Глава IV. Изучение феномена времени как основа междисциплинарного диалога. <i>Д.А. Клеопов</i>	89
Раздел II. Модели времени в физике	
Глава V. Предсвет, время, материя. <i>В.В. Кассандров</i>	117
Глава VI. Козыревское время и макроскопическая нелокальность. <i>С.М. Коротаев</i>	151
Глава VII. Построение реляционной статистической теории пространства-времени и физическое взаимодействие. <i>В.В. Аристов</i>	176
Глава VIII. Время как феномен расширения Вселенной. <i>М.Х. Шульман</i>	207
Глава IX. Связь масштаба времени с характеристиками реликтового излучения Вселенной. <i>И.М. Дмитриевский</i>	235
Глава X. Моделирование природных референтов времени: метаболическое время и пространство. <i>А.П. Левич</i>	259
Раздел III. Модели времени в биологии	
Глава XI. Первопричина старения заключена в укорочении редумер как перихромосомных «линеек» биологического времени, а не в уменьшении теломер. <i>А.М. Оловников</i>	339

Раздел IV. Модели времени в математике

Глава XII. Индукторные пространства как обобщенная модель пространства-времени. <i>А.В. Коганов</i>	369
---	-----

Раздел V. Модели времени в теории систем

Глава XIII. Поиск законов изменчивости систем как задача темпорологии. <i>А.П. Левич</i>	397
Глава XIV. Время как причина физических законов. <i>А.М. Заславский</i>	426
Глава XV. Дуализм времени. <i>А.Д. Арманд</i>	460
Сведения об авторах	479

Предисловие

1. Знаем ли мы, что такое время?

Что и откуда «течет» в нашем Мире, порождая изменения и даря новое Миру? Что не позволяет Миру оставаться постоянным ни на «один миг»? Что же такое время? Механик скажет, что время – это движение, астрофизик – это расширение Вселенной, термодинамик – это рост энтропии, биолог – это жизнь, историк – это смерть, психолог – это сознание...

Время многолико. Это и явление Мира, обнаруживающее себя изменениями внутри и вне нас, и способ измерения изменений, именуемый часами, и конструкт человеческого разума, позволяющий описывать и сопоставлять изменения друг с другом.

Почему проблемы времени оказываются столь притягательными для человеческого разума? Представления о времени пронизывают и науку, и культуру, и быт, и технологическое окружение человека. В философии по емкости наиболее близкое ко времени понятие – это бытие. В нашем интересе к загадке времени и неискоренимое любопытство, и осознание того, что главные проблемы познания оказываются непосредственно связаны с нашим пониманием времени.

Может быть, время – это особая субстанция, для проникновения которой открыт наш Мир, но пока она недостижима для непосредственной регистрации современными научными технологиями? Или такая субстанция не нужна, как и некогда существовавший в умах исследователей теплоход, а для понимания природы времени достаточно свойств привычной движущейся материи? Но возможно, время и вовсе не является необходимым элементом бытия, а лишь плодом человеческого мышления?

Как представления о времени зависят от господствующих в обществе мировоззрения и культуры? Каковы пути, этапы и законы развития Вселенной, биосферы, общества, индивида?

Почему наиболее трудные проблемы естествознания, как правило, требуют для своего решения серьёзных изменений в представлениях о времени?

Обратимо время или однонаправленно? Дискретно или непрерывно? Какова его истинная размерность? Равномерен ли ход времени? Как связаны время и причинность в Мире?

Как правильно измерять время, учитывая, что эталонные процессы, т. е. часы, могут иметь совершенно различную природу, а их показания – оказаться не сводимыми друг к другу? Что определяет различие собственных времён естественных систем и процессов?

Как представления о времени связаны с иными фундаментальными понятиями естествознания (например, с такими как пространство, материя, движение, заряды, взаимодействие, энергия, энтропия, жизнь, сознание...)?

Можно ли управлять временем или овладеть им? В каком смысле возможна «машина времени»? Возможно ли вневременное бытие?

Если какие-либо вопросы, подобные названным, не оставляют Вас равнодушными, то Вы взяли в руки нужную Вам книгу.

2. Российский семинар по изучению времени

В Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова с 1984 года работает Российский междисциплинарный семинар по темпорологии. Науки «темпорологии» пока нет ни в одном из учебных планов, ни в одном перечне научных специальностей. Чем же на своих еженедельных заседаниях занимаются несколько десятков физиков, математиков, биологов, географов, философов, этнографов, психологов, медиков, культурологов, историков, астрономов?.. Чему внимают любопытствующие студенты?

В цели Семинара входит: помочь исследователям проникнуть в интуитивные и эксплицитные представления о времени, сложившиеся у специалистов различных научных дисциплин; создать условия, формы деятельности и стимулы для профессионального изучения времени; создать условия для консолидации исследователей времени; благодаря установлению контактов создать «критическую массу» активно работающих специалистов; создать стиму-

лирующую исследования научную среду; способствовать социализации новых научных идей.

Деятельность Семинара имеет следующие преимущественные направления: создание явных конструкций (моделей) времени в различных областях научного знания; постижение природы изменчивости Мира и разработка адекватных способов измерения изменчивости; приложение конструкций времени к поиску законов изменчивости (уравнений обобщенного движения) в предметных областях науки; поиск и экспериментальное исследование природных референтов времени; согласование созданных конструкций времени с понятийным базисом естествознания.

Докладчикам семинара предложен список проблем, подходы к решению которых желательно затронуть в выступлении: могли бы Вы предложить «конструкцию» (модель) времени? Достаточно ли существующих средств описания времени в Вашей области знаний? Как Вы думаете, нужны ли для понимания феномена времени новые сущности или необходимость их умножения не настала? Необходимо ли вводить специфическое время в Вашей предметной области исследований или в ней достаточно использовать универсальные общенаучные представления о времени? Если специфическое время в Вашей предметной области исследований существует, то как оно измеряется? Является ли время необходимым элементом бытия? (То есть существуют ли природные референты времени или время – лишь конструкт человеческого мышления? Время – феномен или ноумен?) Зачем необходимо изучение времени? Каково происхождение «становления», т. е. течения времени и возникновения нового в Мире?

Помимо чисто научной деятельности, Семинар ведёт большую информационную и просветительскую работу. Вышли два тома трудов Семинара «На пути к пониманию феномена времени» (Конструкции времени..., 1996; On the Way..., 1995; On the Way..., 1996). За годы работы Семинаром подобрана солидная коллекция публикаций о времени на бумажных носителях, доступная для всех интересующихся темпорологией исследователей.

В сети Интернет Семинар учредил информационную систему «Институт исследований природы времени» (<http://>

www.chronos.msu.ru). Сайт Института содержит исследовательские программы лабораторий-кафедр, информацию о Российском междисциплинарном семинаре по темпорологии, библиотеку электронных публикаций о времени и списки библиографических описаний источников публикаций на бумажных носителях, коллекцию цитат и афоризмов о времени, толковый словарь по темпорологии, биографический справочник исследователей времени, электронный журнал «Феномен и ноумен времени», информацию о Международном обществе изучения времени, перечень Web-ресурсов об изучении времени, именной указатель сайта, зал искусств, зал дискуссий и другие страницы. Деятельность Института основана на индивидуальной и коллективной инициативе профессиональных исследователей и базируется на научных методах постижения Мира. Основу Института составляют его лаборатории-кафедры. Они ведут научную, образовательную и просветительскую работу. Страницы лабораторий-кафедр включают исследовательские программы и исследовательские задачи по изучению времени, программы лекционных курсов, рекомендованную литературу, толкование ключевых терминов, сведения о руководителе кафедры. Тематика лабораторий-кафедр существенно междисциплинарна: «Природа времени и пространства в истории науки и философии» (руководитель Г.П. Аксёнов); «Развитие реляционных методов изучения времени» (руководитель В.В. Аристов); «Теория пространства-времени и взаимодействий» (руководитель Ю.С. Владимиров); «Физика реликтового излучения – переносчика фундаментальных взаимодействий, «носителя» времени и пространства» (руководитель И.М. Дмитриевский); «Темпоральные модели реальности» (руководитель А.М. Заславский); «Время и культура» (руководитель В.П. Казарян); «Алгебраическая структура пространства-времени, алгебродинамика полей и частиц» (руководитель В.В. Кассандров); «Темпоральная топология» (руководитель А.В. Коганов); «Причинная механика» (руководитель С.М. Коротаев); «Моделирование природных референтов времени» (руководитель А.П. Левич); «Ритмы и флуктуации» (руководитель А.Г. Пархомов); «Системная темпорология» (руководитель В.М. Сарычев); «Шестимерная трактовка физики» (руководитель И.А. Урсовский); «Биологическое время» (руководитель М.П. Чер-

нышёва); «Время как феномен расширения Вселенной» (руководитель М.Х. Шультман).

На страницах сайта о Семинаре размещены текущая программа Семинара, ретроспектива его работы, аннотации прошедших докладов, полные тексты избранных докладов, видеотека некоторых заседаний, «портфель» предстоящих выступлений. Страницы библиотеки Института содержат каталог коллекции публикаций о времени, собранной участниками Семинара; каталог трудов Международного общества по изучению времени; отчёт о литературе по изучению времени в мире за 1900–1980 гг.; библиотеку электронных публикаций с авторским и систематическими указателями; прямые ссылки на поисковые системы ведущих библиотек мира. В библиотеке электронных публикаций сайта содержатся и очень многие работы, на которые ссылаются авторы нашей книги.

Во всех формах работы участники Семинара стараются придерживаться «принципа сочувствия», предложенного С.В. Мейеном (1977):

«Подобно тому, как для работоспособности коллектива необходим оптимальный психологический климат, для успешного развития науки необходимо строгое соблюдение этических принципов. Этика может играть роль мощного эвристического инструмента. В науке продуктивен не спор, в котором участники опасаются за собственное достоинство, а диалог, в котором участники стремятся к взаимопониманию. Коллективные усилия мыслимы лишь на высокой нравственной основе. Признание достижений данного ученого способствует его дальнейшей продуктивности, тогда как жесткая критика с разоблачением порождает встречную агрессивность, упорство в заблуждениях, стремление к защите раз заявленной позиции, а не к истине, поэтому любые достижения должны при каждой возможности персонифицироваться, а заблуждения, их критика – деперсонифицироваться, направляться на концепции в отвлечении от их сторонников и тем более авторов. В обсуждении научных проблем большой вред приносят «милитаризированные» выражения вроде «борьбы школ», «победа направления» и т. д. Сомнительна ценность для науки и духа соперничества, соревнования. Не существует научной идеи, ради утверждения которой можно пожертвовать

достоинством хотя бы одного человека. В науке индивидуальность всегда имеет право противостоять притязаниям большинства. На первом месте должно быть не желание переубедить оппонента, а стремление понять его. Для этого надо мысленно стать на место оппонента и изнутри с его помощью рассмотреть здание, которое он построил».

3. Мотивы изучения времени

Время – экзистенциальный фактор. Человеческий интерес ко времени неразрывно связан с вечным неприятием бренности и краткости личного бытия. Интерес к загадке появления в Мира и ухода из него нашего индивидуального сознания возрождается в каждом поколении и сталкивается с отсутствием общепринятых решений в науке.

Время – это то общее, что содержат все реальные процессы в Мира. Понимание законов протекания процессов может быть переформулировано как знание «законов времени». Другими словами, время оказывается не пристройкой к зданию мироустройства, а самим этим зданием.

Время – ресурс, определяющий тип цивилизации (интенсивность производства, демографические показатели, скорость коммуникаций, стратегии опережения в конкуренции и противоборствах и т. п.).

Время – почти не освоенный человеком и человечеством ресурс. Желанны, но недостижимы современными технологиями: активное долголетие; способы замедления или ускорения течения индивидуального времени (например, чтобы избежать фрустрации или достигнуть полноты положительных эмоций, чтобы эффективно действовать в критических ситуациях, чтобы улучшить спортивные достижения и т. п.); изменение видовой продолжительности жизни; ускорение сроков созревания растений и животных, используемых человеком; рассогласование жизненных циклов у паразитных или инфекционных организмов; управление длительностью этапов индивидуального и общественного развития (взросления, образования, смены формаций и т. п.).

Время – это инженерная проблема: необходимо понять, существует ли научный запрет на мечту о путешествиях во времени; необходимо уловить и встроить в прикладные тех-

нологии взаимосвязь между временем и энергией, существующую в фундаментальных теориях (например, если время Мира неоднородно, то должны существовать источники и/или стоки энергии).

Наконец, постижение времени – это необходимый компонент развития самой науки. Описание динамики Мира – одна из основных функций научного знания. Цель развитой динамической теории – открытие законов изменчивости исследуемого фрагмента реальности. В точных науках этот закон называют «уравнением движения». По существу, уравнение движения есть описание изменчивости исследуемого объекта с помощью эталонной изменчивости – часов. Тем самым успех в отыскании уравнения движения в большой степени может зависеть от используемых исследователем представлений о времени и от принятого способа его измерения. Знание же адекватных законов изменчивости – залог успеха в научном прогнозировании (если известны «уравнения движения», то говорят уже не о прогнозе, а о «расчете» будущего).

4. Нужна конструкция времени

Темпорология – наука будущего. Темпорология, или изучение времени, понимается как междисциплинарный раздел общей теории систем, имеющий дело с причинами, формами и измерением динамической изменчивости Мира.

Основная задача изучения времени на нынешнем этапе, по моему, состоит в том, чтобы создать явную конструкцию времени, которая дала бы язык, достаточно богатый для обсуждения интуитивных представлений о времени у исследователей различных областей реальности. В настоящий момент главное в поставленной проблеме – понять, что она существует.

Работа по созданию конструкции времени, удовлетворяющей широкому кругу запросов, по-видимому, еще не завершена. Подытоживая точки зрения исследователей, основатель Международного общества по изучению времени Дж.Т. Фрейзер полон оптимизма: «Не существует всеми признанной универсальной конструкции времени, которая могла бы объединить множество точек зрения на природу времени и направить исследовательские работы. Видимо, невозможно рассматривать физические, биологические, пси-

хологические, исторические, литературные и философские концепции времени с единой точки зрения. Все же обзор темпорологической литературы не оставляет нас в полной безнадёжности, скорее вызывает ощущение того, что исследователи еще не полностью проанализировали неуменияющийся поток данных. Несомненно, есть универсальные истины, которые будут открыты; должна быть конструкция, скрытая среди множества фактов, выводов и предположений» (Fraser, 1981, p. 14; перевод О.В. Маркова).

5. Благодарности

Участники Семинара сердечно признательны Борису Владимировичу Гнеденко, Виктору Антоновичу Садовничему и Николаю Христовичу Розову, без поддержки которых работа Семинара была бы невозможна.

Деятельность Российского междисциплинарного семинара по темпорологии, создание Web-Института исследований природы времени и многие работы, собранные в этой книге, неоднократно поддержаны грантами Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Правительства Москвы. Участники Семинара, сотрудники и посетители Института, авторы книги благодарны за эту поддержку и внимание к своей работе.

ЛИТЕРАТУРА

Конструкции времени в естествознании. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. 304 с.

Мейен С.В. Принцип сочувствия // Пути в незнание. Вып. 13. М.: Наука, 1977. С. 401–430.

Fraser J.T. A Backward and Forward Glance // Study of Time IV. N.Y., 1981.

On the way to understanding of time phenomenon: the constructions of time in natural science. Part 1. Interdisciplinary time studies / Ed. Levich A.P. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1995. 201 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. Levich A.P. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1996. 220 p.

А.П. Левич

Раздел I

МОДЕЛИ ВРЕМЕНИ И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ

ГЛАВА I

Александр П. Левич

Биологический факультет

Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова,

Кафедра моделирования природных
референтов времени Web-института

исследований природы времени

<http://www.chronos.msu.ru>;

apl@chronos.msu.ru

Почему скромны успехи в изучении времени*

Время – исходное и неопределяемое понятие в современном знании. Его использование опирается на интуицию исследователя, на его нео-трефлексированный профессиональный опыт, на элементы вненаучных, часто подсознательных представлений о Мире. Неоправданна надежда и на возможность инструментального введения единых представлений о времени: часы для его измерения могут быть совершенно различными по своей природе и по порождаемым ими свойствам времени.

Чтобы время стало предметом содержательного изучения, необходимо вывести его из неопределяемых представлений логического базиса науки. Для этого в понятийном фундаменте знания образ времени следует заменить какими-либо иными базовыми представлениями. Тогда свойства времени из «аксиом» превратятся в «теоремы». Другими словами – станет возможным научное обсуждение понятия времени.

В нынешнем знании представления о времени тесно переплетены с иными исходными понятиями, например с представлениями о пространстве, материи, зарядах, взаимодействиях, энергии, развитии, жизни, сознании и с многими другими. Поэтому невозможна замена «кирпичиков времени» изолированно от других элементов понятийного фундамента естествознания – переделыванию подлежит его весьма обширная область. Фактически речь идет о построении новой «картины Мира», на которой будут базироваться новые динамические теории. Создание картины Мира становится для теоретика естествознания необходимым этапом профессиональной деятельности по согласованию исходных понятий теории.

Замечу, что любая динамическая теория, кроме своего основного ядра – закона изменчивости объектов теории, или «уравнения движе-

* Работа поддержана грантом Российского фонда фундаментальных исследований (№08-06-00073а).

ния» этих объектов, содержит компоненты, вводящие элементарные объекты теории и допустимые способы их преобразований. Ньюэл и Саймон называли эти компоненты «структурными принципами» наук. Примерами структурных принципов могут служить атомистическое учение о строении вещества, планетарная модель атома, гео- или гелиоцентрическая системы устройства ближнего космоса, космология расширяющейся вселенной, клеточная теория строения организмов, бактериальная природа инфекционных болезней, тектоника плит в строении Земли, классовая структура 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 и внутренне присущую любому знанию его часть.

Пытаться объяснить время без перестройки понятийного фундамента знания бессмысленно, поскольку любое объяснение будет опираться на этот фундамент, в котором уже есть «кирпичики времени». По-видимому, чтобы понять природу времени нам не хватает каких-то новых сущностей, которые должны заменить время в понятийном базисе науки. Существующие методологические трудности постижения времени связаны с отсутствием структурных принципов, пригодных для моделирования изменчивости Мира. Любая попытка концептуального осмысливания понятия времени должна начинаться с введения в научный обиход подходящих структурных принципов или, что то же – определенного фрагмента картины Мира. Эти принципы могут отражать совершенно различные подходы к решению загадки времени. Важно лишь, что этап «измышления гипотез» и появления формулировки картины Мира обязателен и неизбежен.

Ключевые слова: *время, методология науки, картины Мира, структурные принципы наук.*

1. Что значит изучать время?

Успехи в изучении времени скромны не только в масштабе 25-летней истории Российского междисциплинарного семинара по темпорологии (<http://www.chronos.msu.ru>), 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?..). Многие трудности в изучении времени могут оказаться обязанными как несовершенству научной методологии, так и недостаточности «суммы технологий», достигнутой современной цивилизацией.

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 вне-научных (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 не сводимыми друг к другу по порождаемым ими свойствами времени (Левич, 1996а).

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.

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. Очень образно об этом сказал С.В. Мейен (личная переписка): «Каждый раз, когда я читаю слова «что такое» или «что есть», у меня возникает вопрос: что означают эти слова? Какой ответ хочет получить человек в ответ на них? Просто определение? Но в отношении философских категорий и естественных таксонов определения невозможны. У меня есть сильное подозрение, что по отношению к содержательным понятиям ответ на вопрос «что есть» означает изложение крупного фрагмента мироздания (мироощущения и др.) с помещением характеризованного объекта в этот фрагмент. Так, нельзя дать определения Луне, подсолнечнику, силе тяжести и т. д. Надо изложить куски астрономии, ботаники, физики и вложить в эти куски соответствующие понятия, указать их место. То же и со временем. Чтобы ответить на вопрос, что такое

время, надо излагать кусок мировоззрения (общего, специального, научного и др.) и поместить время в нем».

Переделывание фундамента невозможно путем замены единственного «кирпичика». Перестраиванию подлежит весьма обширная область. Фактически идет речь о построении новой «картины Мира», на которой будут базироваться новые динамические теории. Создание картины Мира становится для теоретика естествознания необходимым этапом по согласованию исходных понятий теории. Каков статус такой деятельности? Это – наука? Философия? Метафизика? Натурфилософия? Искусство? Беллетристика? И, если это наука, то каковы ее имя и статус? В любом случае подобная деятельность проходит по тонким граням между позитивизмом и фундаментальной методологией, между дилетантизмом и работой теоретика-профессионала.

2. С чего начинается динамическая теория?

Сделаю экскурс в методологию науки. Динамическая теория любого фрагмента реальности обязательно включает ряд компонент, разработка которых осознанно, а чаще неявно выступает этапами создания теории (Ачкурин, 1974; Левич, 1996б).

О-компонент состоит в описании идеализированной структуры элементарного объекта теории.

С-компонент заключается в перечислении допустимых состояний объектов теории. Другими словами, о компоненте *S* говорят как о пространстве состояний исследуемой системы.

С-компонент фиксирует способы изменчивости объектов и исправляет чрезмерную идеализацию, связанную с выделением объектов, поскольку в мире нет объектов, а есть лишь процессы, абстракцию от которых составляют представления об объектах. *С-компонент* вводит в теорию процессы и изменчивость систем.

Вместо строгих дефиниций приведу примеры элементарных объектов и их изменчивости.

В классической механике элементарными объектами являются материальные точки вместе с их положениями и скоростями в физическом пространстве. Например, планеты Солнечной системы. Изменчивость задается траекториями точек. Пространство состояний есть шести-

мерное фазовое пространство – произведение трехмерного евклидова пространства на трехмерное пространство скоростей.

В квантовой механике элементарные объекты – амплитуды вероятностей состояний микрообъектов (например, энергетических состояний атома). Изменчивость в пространстве состояний задается траекториями векторов в бесконечномерном гильбертовом пространстве.

В теории ядра элементарные объекты – нуклоны и некоторые другие элементарные частицы, обладающие специфическим набором квантовых чисел. Изменчивость – взаимные превращения частиц и излучений. Пространство состояний ограничивается допустимыми согласно законам сохранения комбинациями квантовых чисел для совокупностей превращающихся частиц.

В эмбриологии роль элементарного объекта играет живая клетка, а роль изменчивости – процесс деления клеток. Пространство состояний описывается морфологическими признаками архетипов зоологических систематик.

В экологии сообществ объект – популяция организмов. Изменчивость складывается из процессов рождения и гибели особей. Пространство состояний – набор всевозможных векторов $(n_1, n_2, \dots, n_W)$, где n_i – численность популяции вида i , входящего в сообщество. Набор ограничен доступными организмам ресурсами среды.

Т-компонент теории состоит во введении способа измерения изменчивости, или часов, и параметрического времени в описание систем. Параметрическое время предлагается понимать как образ меняющихся объектов при отображении процесса изменчивости в линейно упорядоченное, обладающее метрикой (как правило, числовое) множество. Обычно изменчивость избранного объекта принимают за эталон и с ее помощью измеряют иные изменчивости. Часы и есть естественный объект, изменчивость которого служит эталоном и операциональным способом устройства нужного отображения.

Традиционные часы естествознания основаны на физических процессах – конструкциях с упругими или гравитационными маятниками; астрономических системах, фиксирующих вращение Земли вокруг оси или вокруг Солнца; пезиевых или иных источниках электромагнитных колебаний; интенсивно обсуждающемся в последние годы пульсарном эталоне сверхстабильных периодов; радиоактивном распаде вещества.

Вот как А.А. Фридман (1965, с. 50–53) описывает появление физических часов: «Сопоставим ... каждой физической точке M пространства определенное основное движение и назовем часами данной точки M инструмент, показывающий длины дуг t , проходимых материальной точкой по траектории в основном движении... Величину t ... назовем физическим местным временем точки M . Рассмотрим прежде всего звездное время... За основное движение примем движение конца

стрелки определенной длины, направленной из центра Земли на какую-либо звезду. Звездное время t_z будет длиной пути, описываемого концом указанной стрелки. Звездное время t_z будет одно и то же во всех точках пространства, это будет универсальное время. Рассмотрим теперь другое время, которое мы для краткости назовем гравитационным временем... Положим, что материальная точка падает в постоянном поле тяготения, и выберем это движение за основное; часы покажут длину пути t_r , пройденную этой точкой. Эта величина и будет гравитационным временем... по отношению к гравитационному времени звезды движутся неравномерно... Введем ... время маятниковое. Построим значительное количество одинаковых часов с маятником и примем за основное движение конец секундной стрелки часов с маятником, помещенным в этой точке. Путь, пройденный концом секундной стрелки наших часов с маятником от некоторой начальной точки, обозначим t_m и назовем маятниковым временем... в отличие от универсальных звездного или гравитационного времен маятниковое время будет местным и на разных широтах будет различным».

А вот как это делал И. Ньютон (1997, с. 95) почти за 300 лет до А. Фридмана: «...так как мы здесь привлекаем к рассмотрению время лишь в той мере, в которой оно выражается и измеряется равномерным местным движением, и так как, кроме того, сравнивать друг с другом можно только величины одного рода, а также скорости, с которыми они возрастают или убывают, то я в нижеследующем рассматриваю не время, как таковое, но предполагаю, что одна из предложенных величин, однородная с другими, возрастает благодаря равномерному течению, а все остальные отнесены к ней как ко времени. Поэтому по аналогии за этой величиной не без основания можно сохранить название времени. Таким образом повсюду, где в дальнейшем встречается слово «время» (а я его очень часто употребляю ради ясности и отчетливости), под ним нужно понимать не время в его формальном значении, а только ту отличную от времени величину, посредством равномерного роста или течения которой выражается и измеряется время».

Параметризация изменчивости с помощью физических часов пронизывает почти все контролируемое сознанием человека бытие – науку, культуру, быт... Однако изменения, происходящие в мире, не сводятся к механическим перемещениям: существуют, например, химические превращения веществ, геологическая летопись Земли, развитие и гибель живых организмов и целых сообществ, стационарность вселенной и социогенез... Не правильнее ли признать, что часы, которые мы устанавливаем в системах отсчета, чтобы описать изменчивость природных объектов, могут быть различными? Можно ли при этом утверждать, что одни из этих часов, например физические, – это «хорошие» часы, а не похожие на них часы – «плохие»?

Такая оценка была бы понятной, если бы относилась, например, к Галилею, пытавшемуся установить закономерность механического движения маятника – храмовой люстры, пользуясь «физиологическими часами» – ритмом собственного сердца.

Еще А. Пуанкаре подчеркивал (Poincare, 1898), что не существует способа измерения времени, который был бы более правильным, чем другой. Тот, который принимается, лишь более удобен. Сравнивая часы, мы не имеем права сказать, что одни из них идут хорошо, а другие плохо, мы можем только сказать, что предпочтение отдается показаниям одних из них. В нефизических областях естествознания все чаще возникает необходимость в часах, которые не должны быть синхронизированы с физическими эталонами, но оказываются более удобными и адекватными, чем последние, при описании нефизических форм движения.

В эмбриологии развитие различных организмов эффективно описано с помощью единицы биологического времени, равной интервалу между одноименными фазами делений дробления (Детлаф, 1996). Эта единица («детлаф») зависит от температуры и видоспецифична, поэтому закономерности развития, описываемые в детлафах, не обнаруживаются при использовании шкалы астрономического времени. Популяционное время в экологии (Абакумов, 1969), этнографии (Алексеев, 1975), генетике (Свирижев, Пасеков, 1982) удобно измерять количеством сменявшихся поколений.

Хроностратиграфическая шкала геологического времени образована последовательностью горных пород со стандартизированными точками, выбранными в разрезах с максимально полными сохранившимися пограничными областями (Харленд и др., 1985). Для стратиграфии, базирующейся на палеобиологической основе, длительности геологических эпох Земли могут измеряться вертикальной толщиной слоев, в которых встречаются организмы ископаемых видов (Симаков, 1994).

В модели психологического времени (Головаха, Кроник, 1984) длительности промежутков между значимыми для личности событиями измеряют количеством межсобытийных связей.

П.В. Куракин и Г.Г. Малинецкий (2004) в своей теории «скрытого времени» предлагают измерять время квантово-механических систем нормированным количеством элементарных событий – поглощенных атомом фотонов, пришедших от фиксированного источника.

Главное, чем могут отличаться возможные типы часов, это равномерность их хода (Левич, 1996а). Более строго – промежутки времени, оказывающиеся равными при измерении их одними часами, становятся неравными при использовании других часов. Таким образом, для возмож-

ности измерения изменчивости требуется соглашение о том, каким эталонным процессом следует измерять промежутки, принимаемые по договоренности за равные.

Необходимость подобного соглашения осознана естествоиспытателями: «А priori мы можем взять любое динамическое явление и использовать его развивающийся процесс, чтобы определить масштаб времени. Однако не существует равномерного естественного масштаба времени, так как мы не можем сказать, что имеем в виду под словом «равномерный» в отношении времени: мы не можем схватить текущую минуту и поставить рядом с ней последующую. Иногда говорят, что равномерный масштаб времени определяется периодическими явлениями. Однако разрешите задать вопрос: может ли кто-либо нам сказать, что два следующие друг за другом периода равны?» (Milne, 1948, с. 5). В физике роль соглашения о равномерности играет первый закон Ньютона: равными принимаются промежутки времени, за которые тело, не участвующее во взаимодействии с другими телами, проходит равные расстояния (Thompson, Tait, 1890).

L-компонент теории представляет собой формулировку закона изменчивости, выделяющую реальное обобщенное движение объектов в пространстве состояний из всех возможных движений (термин «обобщенное движение» употреблен как синоним изменчивости объектов).

В механике, теории поля такой закон чаще всего имеет вид «уравнений движения» которые являются постулатами теории, например уравнения Ньютона для движений макрообъектов с небольшими скоростями и в несильных полях или уравнения Шредингера в нерелятивистской квантовой механике, уравнения Максвелла, Эйнштейна, Дирака и т. д. Закон может быть сформулирован и не в виде уравнений, а, скажем, в форме экстремального принципа, например принципа минимального действия (реальна траектория, для которой интеграл по времени от разности кинетической и потенциальной энергий минимален). Формулировки закона изменчивости в виде уравнений движения и в виде экстремальных принципов равносильны.

Если известен вид функционала действия исследуемой системы, то динамические уравнения (например, в квантовой механике), могут быть получены методом Фейнмана (Feynman, Hibbs, 1965) с помощью интегрирования по траекториям. Принцип наименьшего действия оказывается частным случаем принципа Фейнмана.

Нетрадиционный способ получения законов изменчивости, в частности и в форме уравнений движения Ньютона, Дирака, возникает в теории физических структур и бинарной геометрофизике (Кулаков, 1982; Владимиров, 1996). Формально законы выглядят как требование равенства нулю специально сконструированного определителя Грама. Закон изменчивости может возникать в результате постулирования принципов симметрии и необходимости подбора экстремизируемых функционалов, удовлетворяющих этим принципам. Так, например,

поступают Л. Ландау и Е. Лившиц (1965), выводя лагранжиан свободного движения материальной точки $mv^2/2$ из принципов однородности и изотропии физического пространства.

Закон движения можно получить, используя условия дифференцируемости функций гиперкомплексного переменного (условий типа Коши-Римана), играющие роль уравнений первичного физического поля (см. работу В.В. Кассанрова в физическом разделе этой книги).

Для многих областей естествознания (в частности, в приводившихся примерах для теории ядра, эмбриогенеза, экологии) формулировка законов изменчивости составляет цель построения теории. Эта цель недостижима без корректного решения классов проблем, составляющих разработку *O*-, *C*-, *S*- и *T*-компонентов теории. В методологии естествознания наименее разработаны *C*- и *T*-компоненты. Существует тесная взаимосвязь между выбором этих компонентов и способом получения *L*-компонента. По А.А. Шарову (1996), закон движения есть описание изменчивости исследуемого объекта с помощью изменчивости эталонных часов, поэтому от степени адекватности выбора часов исследуемым процессам может зависеть способность обнаружить закон изменчивости. Законы движения влияют на способы измерения времени в тех областях, где *T*- и *L*-компоненты теории согласованы (Время и современная физика, 1970), например, одновременность двух событий или порядок их следования, равенство двух длительностей должны определяться таким образом, чтобы формулировка естественных законов была бы настолько простой, насколько это возможно (Poincare, 1898).

По-видимому, трудности получения уравнений движения во многих областях науки связаны как раз с несогласованностью физических способов измерения времени с нефизической природой исследуемых закономерностей.

Наконец, *I-компонент* теории составляет набор интерпретирующих процедур. Во-первых, это процедура сопоставления формальным, как правило, математическим конструкциям теории абстрактных понятий предметной реальности, во-вторых, – правила соотнесения предметных понятий с экспериментально измеряемыми величинами.

Так, аппарат квантовой механики в качестве формальных объектов работает с комплекснозначными волновыми функциями и действующими на них операторами. Переход к понятиям макрофизической реальности осуществляется постулируемыми правилами: квадрат

волновой функции есть вероятность обнаружить микрочастицы в определенной точке пространства и времени, а собственное значение оператора есть среднее количественное значение соответствующей физической характеристики. Для наблюдения вероятностных распределений требуются, например, интерференционные эксперименты с прохождением частиц через препятствия. Энергетические характеристики атома определяют через расстояние между спектральными линиями в экспериментах по испусканию или поглощению излучения атомами.

I-компонент – обязательная составная часть теории. Именно интерпретирующие процедуры превращают формальную теоретическую схему в науку о реальности. Возможности развития *I*-компонента теории, особенно в части экспериментальных идентификаций, зависят не только, а порою не столько от достоинств теоретической схемы и ее создателей, сколько от «суммы технологий», достигнутой всей цивилизацией.

Гипотезе Демокрита об атомном строении вещества понадобились тысячелетия, чтобы превратиться в верифицированную теорию. Накопленный опыт рентгеноструктурного анализа оказался необходимым, чтобы гипотеза о дискретном наследственном веществе почти через сто лет после возникновения оформилась в конструктивную модель ДНК.

Интерпретационные процедуры крайне неоднозначны. Разработка *I*-компонента часто оказывается наиболее трудным и самым уязвимым этапом создания работающей теории.

3. Две физики?

«Две физики» – это метафора, которая, однако, может подчеркнуть, что в научных изысканиях (пример физики наиболее ярок) с точки зрения важности перечисленных выше компонент теории присутствуют, по крайней мере, два рода деятельности.

Обычная деятельность 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. Решение таких задач с необходимостью включает анализ базовых компонент теории: элементарных объектов, пространства их состояний, способов изменчивости и ее измерения.

Первым родом деятельности занимаются многие тысячи исследователей. Вторым – десятки, из которых единицы имён стали именами найденных уравнений.

Первый вид деятельности – ежедневная работа в науке многих поколений исследователей в течение сотен лет ее существования. Второй – короткие промежутки в несколько лет (или пусть – десятилетий) в периоды становления каждой из теорий.

При получившемся соотношении «человеко-лет» 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 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. Речь идет о маргинальной, но тем не менее внутренне присущей науке части ее парадигмы.

4. Структурные принципы наук

Поговорим подробнее о начальных этапах создания теории: выборе элементарных объектов и способов их изменчивости. 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 другие 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 генетического кода воплотилась в образе двойной спирали дезоксирибонуклеиновой кислоты. Но, как утверждает М. Ичас (1971, с. 23): «Самым трудным в «проблеме кода» было понять, что код существует».

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.

Резюмируя, замечу, что в нашем знании существует огромный пласт той самой «филологии», от которой отрезаются позитивистски настроенные исследователи.

5. «Измышление гипотез» необходимо

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, существовавшие и существующие методологические трудности постижения времени связаны с отсутствием структурных принципов, в которых задавались бы элементарные объекты и их свойства, пригодные для моделирования изменчивости Мира. Чтобы понять 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 решению загадки времени. Важно лишь, что этап «измышления» принципов и построения связанной с ними связной картины Мира обязателен и неизбежен. Искусство выбора оснований – это тоже наука. Может быть, одна из самых нелёгких наук. 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.

ЛИТЕРАТУРА

- Абакумов В.А. Длина и частота поколений // Труды ВНИРО. 1969. Т. 67. С. 344–356.
- Акчурин И.А. Единство естественно-научного знания. М.: Наука, 1974. 207 с.
- Алексеев В.П. Вектор времени в таксономическом континууме // Вопросы антропологии. 1975. Вып. 49. С. 65–77.
- Владимиров Ю.С. Бинарная геометрофизика // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 29–47.
- Время и современная физика / Под ред. Дж. Ригала. М.: Мир, 1970. 152 с.
- Головаха Е.И., Кроник А.А. Психологическое время личности. Киев: Наукова думка, 1984. 206 с.
- Детлаф Т.А. Часы для изучения временных закономерностей развития животных // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 135–151.
- Ичас М. Генетический код. М.: Мир, 1971.
- Кулаков Ю.И. Время как физическая структура // Развитие учения о времени в геологии. Киев: Наукова думка, 1982. С. 126–150.
- Куракин П.В., Малинецкий Г.Г. Концепция скрытого времени и квантовая электродинамика // Квантовая магия. 2004. Т. 1. Вып. 2. С. 2101–2109.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Наука, 1965. 204 с.
- 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. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996а. С. 9–27.
- Левич А.П. Мотивы и задачи изучения времени // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996б. С. 235–288.
- Ньютон И. Метод флюксий и бесконечных рядов с приложением его к геометрии кривых линий // Хрестоматия по истории математики / Под ред. А.П. Юшкевича. М.: Просвещение, 1977. 223 с.
- Свирижев Ю.М., Пасеков В.П. Основы математической генетики. М.: Наука, 1982. 511 с.
- Симаков К.В. К проблеме естественно-научного определения времени. Магадан, 1994. 107 с.
- Фридман А.А. Мир как пространство и время. М.: Наука, 1965. 112 с.
- Харленд У.Б., Кокс А.В., Левеллин П.Г., Пиктон К.А.Г., Смит А.Г., Уолтерс Р. Шкала геологического времени. М.: Мир, 1985. 139 с.

- Шаров А.А. Анализ типологической концепции времени С.В. Мейена // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 96–111.
- Feynman R.P., Hibbs A.R. Quantum Mechanics and Path Integrals. N.Y., 1965. 365 p.
- Milne E.A. Kinematic Relativity. Oxford, 1948. 238 p.
- Newell A., Simon H.A. The Informatics as Empirical Investigation: Symbol and Search // ACM Turing Award Lectures. N.Y.: ACM Press, 1987. 560 p.
- Noüy L.P. Biological Time. London, 1936. 180 p.
- Poincare H. La Mesure du Temps // Revue de Metaphysique et de Morale. 1898. Т. 6. Р. 1–13 (см. кн.: Принцип относительности. М.: Наука, 1973. С. 12–21).
- Tomson W., Tait P.G. National Philosophy. Cambridge, 1890.

ГЛАВА II

Валентина П. Казарян

Философский факультет
Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова;
кафедра «Время и культура»
Web-Института исследований
природы времени
<http://www.chronos.msu.ru>;
vp.kazaryan@mtu-net.ru

Темпоральность и естественные науки*

В статье прослежено изменение конструкций времени в ходе развития естественных наук, преимущественно физики. Показана специфика использования времени в эмпирических и теоретических исследованиях. В эмпирических исследованиях ученый оперирует временем как текущим. Теоретические конструкции времени, являющиеся органическим элементом языкового каркаса теории и изменяющиеся вместе с его изменением, представляют время посредством отношения порядка моментов, безразличных к процессу становления. Для современной науки характерно стремление отойти от классических ньютоновских представлений и решать научные проблемы посредством создания иных конструкций времени.

Ключевые слова: *время, темпоральность, наука, философия, физика, эмпирическое, теоретическое, биология, естествознание.*

1. Загадка времени

Тайна времени увлекала человеческий разум не одно тысячелетие. До сих пор не преодолены многие тупики, в которые заводила эта проблема. А когда удавалось освободиться от одних, настигали другие. Время принадлежит не только внешнему миру, но и внутреннему миру человека, составляя элемент непреложности в его судьбе. Человек

не только познает время, но и переживает его, отчасти управляя им. Время вплетено во все сферы бытия – потому определенное истолкование времени входит в различные области духовной культуры: грамматику естественного языка, мифологию, философию, теологию, искусство и литературу, науку, обыденное повседневное сознание и проч. Последние столетия бурно развивающаяся наука пролила некоторый свет на природу времени, изучив специфические для соответствующей области науки проявления временного. В итоге же оптимистические ожидания переросли в осознание того, что ускользает опять целостное проникновение в сущность времени.

Время – одно из самых знакомых человеку свойств нашего мира. И вместе с тем оно имеет репутацию самого загадочного. Загадочность времени связана, прежде всего, с его течением, знакомым каждому человеку в личном опыте. Под течением времени понимают его логическое свойство, заключающееся в том, что настоящий момент, который мы называем «теперь, сейчас», как бы постоянно движется в направлении будущего, увеличивая объем прошлого, оставляемого за собой. Время представляет собой *единство (целостность) прошлого, настоящего, будущего* и характеризуется, прежде всего, *длинием, течением, открытостью*. Время *длится* – это означает, что существует настоящее. Смысл понятий прошлое, настоящее, будущее содержит два компонента. Один выражает жесткое не изменяющееся ядро понятия и является чисто временным, т. е. касается существования. Второй относится к событиям, наполняющим прошлое, настоящее, будущее, т. е. к происходящим процессам. Если происходит изменение конкретного наполнения настоящего, то говорят: время *течет*. Понятие темпоральности как раз выражает идею имманентной присущности времени случающемуся, происходящему (что обычно называют невыразительным словом «становление»). Существующее существует только в единстве с временем. Время течет в будущее, события уходят в прошлое. В отличие от уже осуществившегося прошлого и от наполненного событиями настоящего, будущее не наполнено ими и открыто для созидания. Это свойство времени называется *открытостью* времени.

Физика Нового времени постаралась освободиться от загадочности времени, исключив длительность из своей

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

конструкции времени. Ни одна из физических теорий классического периода развития науки не обращается к понятию течения времени. Дальнейшее развитие теоретической физики сопровождается элиминацией становления из поведения теоретического объекта. Время реконструируется как отношение порядка между точками математического множества, интерпретируемыми как моменты времени или как события в соответствии с характером построенной теории. Вся цепочка временных отношений вытянута аналогично пространственной рядоположенности точек. Мир теоретических событий оставлен во времени: в нем нет уже осуществившихся прошедших событий, нет мимолетных настоящих, нет еще ненаступивших будущих событий. Это застывший мир теоретических событий. «Река времени превращена в стоячий пруд». Какое событие происходит в прошлом, а какое в будущем – устанавливается на основе дополнительных познавательных процедур, которые, в конечном счете, опираются на предварительную осведомленность ученого о том, что время течет от прошлого к будущему. Это знание он черпает непосредственно или опосредованно из философских представлений.

Те свойства времени и пространства, которые сформулированы в классической механике, стали рассматриваться как свойства времени вообще. Это следующие свойства: упорядоченность, одномерность, непрерывность, однородность, изотропность, бесконечность, безграничность, абсолютность (т. е. независимость времени и пространства друг от друга; независимость их от свойств объектов, движущихся во времени и пространстве). Кроме того, считалось, что время течет в будущее. Это свойство является внешним для физической теории, и оно принималось, видимо, как дань культурной традиции. Во всяком случае, однонаправленность течения времени не проблематизировалась. Ведь в христианской культуре уже сформировалась эта идея, и она была поддержана верой в прогресс, столь характерной долгое время для европейской культуры.

Известна полемика по вопросу о природе пространства и времени между сторонниками Ньютона и Лейбницем (Ньютон, 1936; Лейбниц, 1982). В XVII–XIX веках наибольшее влияние имела концепция Ньютона. Это было обусловлено как наукоцентризмом, свойственным культуре,

так и эссенциалистской трактовкой науки. С дальнейшим развитием науки ситуация, надо заметить, существенно усложнилась.

В физике появились высокоабстрактные модели времени, которые еще дальше отстоят от конкретного бытия как природы, так и человека. В них время по-прежнему репрезентируется множеством моментов, на которые наложена определенная система отношений между ними и все моменты времени имеют одинаковый статус существования, т. е. их нельзя характеризовать понятиями «настоящее, прошлое, будущее», а время – течением. В результате расширилась брешь между физико-математическими моделями времени и временем природного и человеческого существования. Эту брешь частично заполняют образы времени в литературе и искусстве, а также модели времени в психологии, истории, которые не могут обойтись без снижения уровня абстрактности в исследовании прошлого, настоящего, будущего.

2. Стремление преодолеть физикалистское истолкование времени

Выдающийся мыслитель академик В.И. Вернадский, оказавший большое влияние на развитие естествознания и философии, высказал идею, что природа есть целостность вещества, времени и пространства, которые нельзя оторвать друг от друга, и что время есть прежде всего дление. Классическая же физика представила время как абсолютное, оторванное от природных явлений, поэтому, как сказал Вернадский, она не изучала время. Время тогда исчезло как предмет научного изучения, ибо оно было поставлено вне явлений, понималось как абсолютное (Вернадский, 1932). В науке XX века впервые объектом научного исследования становится время, которое долго находилось вне интересов науки. В.И. Вернадский подчеркивал, что в XX веке становится ясным, что время есть чрезвычайно сложное проявление реальности, и содержание этого понятия чрезвычайно различно, и что наступил момент изучения времени, так же как изучается материя и энергия, заполняющая пространство (Вернадский, 1939).

В.И. Вернадский трактует время как часть реального мира, органически в нее включенную. Исторически измен-

чивый, эволюционирующий целостный мир мыслится лишь в единстве с текущим временем: это мир, в котором есть настоящее, перед ним открыто будущее, он имеет свою историю, свое прошлое. Время нельзя оторвать от живого; время – это и есть жизнь, бренность живого – это и есть течение времени, это и есть время. Чтобы выразить чувство единства биологических и геологических процессов с их эволюцией, с их исторически изменчивым характером, со сменой вчера-сегодня-завтра, с текущим временем, он использует понятия биологического и геологического времени. Вернадский подчеркивал, что время натуралиста не является геометрическим временем Минковского и не является временем механики и теоретической физики, временем Галилея или Ньютона. Текучесть времени в единстве с природными процессами не находит своего выражения в физическом времени (Вернадский, 1939).

Для натуралиста оказывается важным как раз то свойство времени, которое было несущественным для физика – свойство течения: «Бренность жизни нами переживается как время, отличное от обычного времени физика» (Вернадский, 1932, с. 534) и «Великая загадка вчера-сегодня-завтра, непрерывно в нас проникающая, пока мы живем, распространяется на всю природу. Пространство-время не есть стационарное абстрактное построение или явление. В нем есть вчера-сегодня-завтра. Оно все как целое этим вчера-сегодня-завтра всеобъемлюще проникнуто» (Вернадский, 1975, с. 45). Он неоднократно высказывал мысль о том, что в области живого время может быть иным, чем в физических процессах; «вступая в область жизни, мы опять подходим к более глубокому, чем в других процессах природы, проникновению в реальность, к новому пониманию времени» (Вернадский, 1975, с. 44).

В естествознании эта тенденция часто находит свое выражение во введении понятия специфического времени: биологического времени, геологического времени, психологического времени и т. п. – в соответствии с областью исследования. Широко используется в естествознании понятие «часов», характеризующих циклический характер протекающих процессов и позволяющих изучать их временные закономерности.

Так, Г. Бакман, директор института анатомии Лундского университета в Швейцарии, разрабатывал общую

теорию роста живых организмов и развивал идею, что организмы обладают своим собственным временем, которое в книге «Рост и органическое время» он назвал их «органическим временем» и был убежден, что знание этого дает возможность предсказывать события течения жизни. Собственное время биологических явлений выступает при этом как логарифмическая функция физического времени. Он выделял ряд циклов роста многоклеточных организмов. При этом каждому циклу свойственен свой характерный темп органического времени.

Биологическое время часто понимается как время, которое занимает та или иная биологическая система (клетка, организм, популяция, экосистема, биосфера). Оно не противостоит физическому, но организует его и тем самым наделяет биологическое время специфическими свойствами (Михайловский, 1996).

Концепция биологического времени была поддержана и развита С.В. Мейеном. С его точки зрения, выражение «время течет» становится осмысленным в случае указания изменяющегося объекта. Он предложил понятие таксономического времени как некоторого общего показателя для таксона организмов.

Со временем стало ясно, что любому процессу можно сопоставить свое специфическое время. При этом, как правило, одновременно используется и общий эталон времени, которым по традиции являются эталонные часы, хранящиеся в Палате мер и весов, а процедура измерения осуществляется на базе физической теории измерения времени. Это сделано и в географии, и в геологии. Так, в геологии говорят и о реальном геологическом времени, под которым понимают специфические временные отношения геологических процессов, и о времени, совпадающим с физическим временем. На эмпирическом уровне исследования используются физические представления о времени. А в тех теориях, которые построены с активным использованием развитого математического формализма (типа современной генетики), понятие специфического времени исчезает. Оно становится аналогичным физическому теоретическому времени.

Идея В.И. Вернадского о том, что время становится предметом изучения в науке, воплощается в жизнь в современных исследованиях. Так, наряду с вышеназванными

направлениями развивается исследовательская программа А.П. Левича на базе математической теории систем и теории категорий (Левич, 1996; см. также статью в настоящем издании). Время интерпретируется как метаболическое время естественных систем. Предложена аксиоматика изменчивости, вводится постулат генерирующего потока (или генерирующего истечения). Гипотеза генерирующего истечения позволяет конструировать время, пространство, частицы, взаимодействия.

Для нашего времени характерно также развитие исследований сложных систем, которое осуществляется с использованием процедур построения математических моделей, исследования их на базе ЭВМ, интерпретации на изучаемой предметной области. В этих исследованиях большую роль играют такие свойства времени, которые не включались ранее в сферу точных наук. Так, эти исследования опираются на категорию будущего, к которому безразличны физические модели времени. В процессе построения математической модели категория времени приобретает новый (по сравнению с прежним естествознанием) прагматический аспект, поскольку эта познавательная процедура предполагает наличие определенной цели познания и практического применения построенной модели. Эти области исследования, по-видимому, приведут к построению принципиально новых для точных наук моделей времени.

С развертыванием исследований по изучению сложных систем произошли определенные изменения в понимании цели и задач научного исследования, а в связи с этим дается более богатое, чем в теоретической физике, истолкование времени. Если прежде считалось, что основная задача ученого заключается в том, чтобы объяснить явление, то теперь его исследование должно быть эффективно с практической точки зрения – помогать решить проблему. Исследователь должен уметь проектировать и конструировать объект с заранее заданными свойствами, управлять реальным процессом при наличии определенных реальных ресурсов. Среди этих ресурсов одним из фундаментальных является время. Эти исследования погружены в реальное социальное время общества: временной параметр, используемый в них, соответствует ходу социально декретируемого времени. С социальной стороны – это ход времени, регла-

ментирующего жизнедеятельность общества, времени, которое неразрывно связано с его функционированием и развитием. Оно выступает одной из важнейших основ в исследованиях такого рода. Время, значимое для общества, входит непосредственно в ткань научного исследования, воплощаясь в цель исследования, в формулирование конкретной научной задачи, в способ решения задачи.

При этом в процессе проектирования сложных систем реализуется такое истолкование времени, которое было чуждо теоретической физике. Время понимается не как некоторая рядоположенность прошлого и будущего в статике, а как время, нацеленное на будущее. Причем будущее выступает не в значении чего-то чуждого человеку, неотвратимо надвигающемуся (как это имело место для прежних физических исследований). Будущее, по крайней мере ближайшее будущее, как модус времени, предстает как то, что можно творить, создавать, используя план действий, полученных на основе научных исследований, как что-то подвластное человеку, не безразличное его интересам. Цели по практическому преобразованию действительности, сформулированные как задача научного исследования, вошли в современную науку, изменив тем самым представления об идеале научного познания, а также связанные с ним временные представления. Ведь, как правило, естественнонаучные теории сформулированы безотносительно к тому «человеческому» времени, в котором живет общество. Кажется, что время теории и время общества, его реальной истории, не имеют никаких точек соприкосновения. Теория предстает как нечто выключенное из брэнной жизнедеятельности людей. Сотворенная людьми, она вместе с тем напоминает нечто божественное, отчужденное от людей и безразличное к их мирским интересам.

3. Эмпирический уровень исследования

Анализируя развитие представления о пространстве и времени в физике и естествознании вообще, необходимо учесть тот факт, что они включают в себя не только теории, но и эмпирический уровень исследования. Это особенно важно для понимания времени, поскольку оно, в отличие от пространства, на эмпирическом уровне проявляет специ-

фические, новые, по сравнению с теориями, свойства даже в классической физике (Казарян, 1980). В процессе эмпирического исследования ученый опирается на определенное понимание времени, которое сложилось в процессе осознания действительности и самого себя как имеющих временную структуру (на уровне философской рефлексии или же в рамках обыденного сознания, имеющего, в свою очередь, определенные мировоззренческие предпосылки). Эмпирический уровень научных исследований, связь с которым во многом обеспечивает интерпретацию соответствующих теоретических величин как времени, предполагает учет целого ряда реальных условий, в которых живет и действует человек.

Конечно, в эмпирическом исследовании в силу его органической связи с соответствующими теоретическими построениями экспериментатор имеет дело и с такими представлениями, которые навеваются теорией. Но вместе с тем, поскольку здесь еще не применяются жесткие идеализации, характерные для теоретического познания, используются и такие представления о времени, которые не конструируются теоретическими средствами. Экспериментатору приходится иметь дело с реальным миром, практически взаимодействовать с ним (в отличие от теоретика, который оперирует только теоретическими объектами).

Рассмотрим простой пример. Пусть экспериментатор изучает движение шара. Шар может двигаться из точки *A* в точку *B* в соответствии с законами классической механики, включающей в себя номологическую обратимость времени (номологическая, от греч. *nomos* – закон, основанная на законе). Если между точками *A* и *B* поставить препятствие в точке *C* до того, как шар пройдет точку *C*, то шар не будет двигаться в точку *B*. Если же препятствие поставить в точку *C* после того, как шар пройдет точку *C*, то он будет продолжать двигаться к точке *B*. Реальное оперирование материальными предметами демонстрирует направленность временного порядка в будущее. В этом случае преодолевается номологическая обратимость времени, столь характерная для фундаментальных законов физики. Кроме того, приведенный пример иллюстрирует и другой факт, а именно: экспериментатор знает не только о направленности временного порядка, но и о потоке времени.

Эта экспериментальная ситуация показывает, что в исследовании используются временные представления в такой форме, которая не зафиксирована в теории. Она соответствует процедурам экспериментального исследования природы. Отсутствие направленности временного порядка и потока времени в фундаментальных законах физики не означает, что в реальном экспериментальном исследовании можно их не учитывать.

С созданием квантовой физики и теории относительности приходит понимание того, что научная деятельность является макроскопической деятельностью *человека*. Это было выявлено и подчеркнуто в результате анализа роли прибора и системы отсчета в научном познании. В квантовой физике соотношение неопределенностей накладывает дополнительные ограничения на процедуру измерения времени, с которыми классическая физика не сталкивается. Эксперимент в области квантовой физики имеет свои особенности, поскольку экспериментировать с микрообъектом приходится в условиях макромира. Специфика физики микромира по сравнению с физикой макромира находит выражение в особенностях взаимоотношения экспериментальной и теоретической деятельности в квантовой физике. Они выражены в принципе дополнительности Бора и принципе неопределенности Гейзенберга.

Принцип дополнительности говорит о том, что, поскольку возможны две различные экспериментальные ситуации, в одной из которых микрообъект проявляет свои волновые свойства (ведет себя как волна), а в другой он проявляет свои корпускулярные свойства (ведет себя как частица), то свойства волны и свойства частицы, проявляющиеся во взаимоисключающих друг друга экспериментальных ситуациях, дополняют друг друга при описании микрообъектов.

Принцип неопределенности Гейзенберга говорит о том, что нельзя в эксперименте одновременно точно измерить импульс частицы и ее пространственные координаты, и нельзя одновременно точно измерить энергию и временную координату. Это свидетельствует о наличии трудностей в применении классических понятий времени и пространства в квантовой области.

Общая теория относительности тоже столкнулась с трудностями в соотношении теоретических результатов с резуль-

татами измерения пространства и времени. Эти трудности заключались в том, что в теории была построена такая концепция пространства-времени, в которой они являются неоднородными. Измеряются же они на основе концепции однородных пространства и времени. И нужно было формулировать какие-то дополнительные правила перехода от теоретического знания к эмпирическому.

Теория измерения физических величин, в том числе и пространства, и времени, хорошо развита в физике, поскольку исследователь не может обойтись без наблюдаемых в эксперименте, измеряемых характеристик. Принцип наблюдаемости является одним из регулятивов в развитии физики, хотя она и вводит иногда теоретические объекты, которые ненаблюдаемы. С этим принципом во многом было связано возникновение интереса к отношению одновременности: когда задумались над тем, как ее измерять, оказалось, что это не очевидно. И отказались от привычного, казалось, интуитивно ясного понятия абсолютной одновременности. Одновременность стала относительна к системе отсчета: события, одновременные в одной системе отсчета, не являются таковыми в другой системе отсчета, движущейся относительно первой (с некоторой скоростью равномерно и прямолинейно).

В физике макромира теория измерения времени и пространства находится в согласии с ее теоретическими принципами и понятиями, поскольку теория измерения разработана для процедуры, осуществляемой в условиях макромира, и ее абстракции являются во многом абстракциями от твердых тел и их движения. Так что в отличие от общей теории относительности и квантовой физики в этой области нет трудностей в согласовании языка теории и языка экспериментальной деятельности.

В квантовой физике принцип неопределенности выступает как свидетельство или симптом недостаточности классической конструкции пространства и времени для описания квантовых явлений. Обсуждаются стратегии: по-прежнему строить физику как физику пространства и времени или же отойти от этой традиции.

В классической физике ученый имеет дело с наблюдаемыми явлениями. Он строит концепции теоретические, но теоретическим понятиям может сопоставить явления чело-

веческого мира (макромира). Так, конструкция пространства вполне понимаема на основе опыта нашей непосредственной жизни: в нашем эмпирическом пространстве есть верх-низ, лево-право, спереди-сзади (т. е. пространство трехмерно); оно не прерывается для нас ни в одном из измерений (т. е. непрерывно); когда мы идем, мы не встречаем его края или границы, за которой бы его не было (т. е. оно безгранично). Теоретическая конструкция времени соответствует времени, показываемому часами, по которым привык жить человек технической цивилизации.

Микромир не является тем миром, в котором мы можем измерять процессы с помощью часов, а объекты с помощью линеек, он не является миром человеческого опыта. Вместе с тем экспериментальная деятельность и в этом случае осуществляется людьми с помощью приборов и установок макроскопического характера. Для этого понадобятся классические конструкции времени и пространства. Но это будет только одна понятийная структура в квантовой физике. Назовем ее эмпирической. Будет и вторая понятийная структура – собственно квантовомеханическая. При этом собственно квантовомеханическое пространство и время будут конструироваться чисто теоретическими средствами с использованием абстрактных математических пространств.

4. Конструкции времени в теоретической физике

Понятие времени, наряду с пространством, является одним из базовых понятий физики. В Новое время с его ориентацией на научную рациональность господствующей формой истолкования времени и пространства была Ньютонова концепция. Вплоть до начала XX века свойства пространства и времени, которыми наделяла его классическая физика, считались их неотъемлемыми свойствами, а часто также и единственными, исчерпывающими.

Физическая теория всегда строится в форме единства физических идей и математических структур, физический смысл которым задают эти идеи. В этих рамках конструируется и время. Поэтому при смене теорий должно, вообще говоря, происходить и изменение конструкций пространства и времени. В реальной истории развития физики вре-

менные конструкции оказываются по некоторым своим свойствам достаточно консервативными.

Рассмотрим последовательно основные теории с точки зрения предлагаемых в них конструкций пространства и времени. Физические теории в XIX веке: ньютоновская механика, электродинамика Максвелла, равновесная термодинамика. Физические теории в XX веке: специальная теория относительности, квантовая теория, общая теория относительности, квантовая теория поля, неравновесная термодинамика. При этом не забудем и эмпирические исследования, поскольку физика включает в себя не только теоретическую, но и экспериментальную деятельность. Особняком стоит космология. Сейчас она представляет собой комплекс высокотехнологичных наблюдений и теоретических построений, синтезирующих новейшие разработки в области квантовой физики и идей общей теории относительности.

4.1. Классическая, т. е. неквантовая, физика

4.1.1. *Классическая динамика.* Время моделируется посредством моментов, последовательно сменяющих друг друга и никогда не приходящих вновь. Это позволяет сопоставить его с множеством точек линии без самопересечений. В результате получаем представление времени в виде одномерного линейного континуума, который описывается множеством действительных чисел.

Если мы представляем множество моментов времени множеством действительных чисел, то это накладывает на время те свойства, которые порождаются структурами, имманентными этому множеству. Так, структура порядка на множестве действительных чисел порождает *последовательность* моментов времени (один момент после другого); аддитивная группа – задает *метрику* (продолжительность интервалов между различными моментами времени); мультикативная группа – обеспечивает произвольный выбор единицы измерения времени (эталонной продолжительности). Топология действительной прямой обеспечивает *непрерывность* времени.

Надо сказать, что в течение, по крайней мере, столетия обсуждается вопрос: являются ли достаточными (а также

необходимыми) для описания времени свойства, представляемые множеством действительных чисел, или же нет. Окончательного ответа на этот вопрос нет и сегодня.

Так, с развитием квантовой физики, в которой принцип дискретности энергии является центральным, возникают сомнения в универсальности такой конструкции пространства и времени, где они непрерывны. Встает также вопрос и о возможности введения других *размерностей* для пространства и времени, отличных от трех и одного соответственно.

Представление времени с помощью числовой прямой, когда совокупность моментов-точек актуально дается вся сразу, уподобляет его пространству. Говорят, что физика, нуждаясь в математически ясном определении времени, *опространствует* его. Итак, в классической механике время одномерно, непрерывно, упорядочено, безгранично, бесконечно. При этом все свойства времени носят абсолютный характер, т. е. ничем другим, кроме самих себя, не обусловлены. Как перечисленные свойства, так и отношение одновременности, отношение порядка «позже, чем», продолжительность интервала между двумя моментами не зависят ни от выбранной системы отсчета, ни от скорости движения тела, ни от пространства.

На фоне такого времени происходит перемещение (движение) в пространстве физической точки, обладающей массой, энергией и импульсом (или физического тела, построенного по определенным правилам из физических точек). Пространство вводится аналогично времени и отличается от него лишь размерностью. Оно непрерывно, трехмерно, упорядочено, безгранично, бесконечно, абсолютно. Это и есть мир теоретических объектов классической механики, который позволил описать громадный круг физических явлений.

При этом один из фундаментальных законов классической физики – второй закон Ньютона (который описывает взаимосвязь силы, действующей на тело, с массой этого тела и ускорением, которое тело приобретает под действием этой силы) является инвариантным относительно знака времени (симметричен во времени). Это означает, что, если мы изменим знак моментов на обратный (был порядок: 1, 2, 3, ... Обратный порядок будет -1, -2, -3), это не изменит физическое явление. Это говорит о том, что *временной поря-*

док не имеет выделенного направления, *не направлен*, т. е. время не обладает направлением.

4.1.2. Специальная теория относительности. Специальная теория относительности вводит некоторые новые представления о времени и пространстве для физических явлений, происходящих со скоростями, близкими к скорости света (так называемая релятивистская физика). Время и пространство теперь связаны друг с другом в четырехмерный пространственно-временной континуум. Метрические свойства времени и пространства теряют свойство абсолютности, каким они были наделены в классической нерелятивистской физике. Величина временного интервала (промежуток времени) и расстояние зависят от скорости движения относительно системы отсчета, в которой они измеряются. Чем ближе эта скорость к скорости света, тем больше величина временного интервала (на быденном языке говорят: время замедляется).

В релятивистской физике впервые обращено специальное внимание на понятие одновременности. Оно лишается свойства абсолютности, которым было наделено в нерелятивистской физике. Отношение одновременности между событиями становится *относительным к системе отсчета*. События, являющиеся одновременными в одной системе отсчета, будут неодновременными в другой системе отсчета, которая движется относительно первой с некоторой скоростью. *Отношение порядка* сохраняется для событий, находящихся внутри светового конуса. За его пределами понятие временного порядка становится неопределенным. Время по-прежнему непрерывно. Абсолютным, т. е. ничем не обусловленным, является четырехмерный пространственно-временной континуум.

4.1.3. Общая теория относительности. В общей теории относительности Эйнштейна пространство-время связано с гравитационными массами. Оно искривляется (время замедляется) вблизи гравитационных масс. Пространство-время является неоднородным, не одинаковым для различных гравитационных условий. Пространство-время существует не само по себе, а только как структурное свойство гравитационного поля. Общая теория относительности Эйнштейна является наиболее развитой теорией простран-

ства и времени на сегодняшний день в физике. Уравнения Эйнштейна, формирующие предсказательную основу ОТО, имеют множество решений, каждое из которых описывает возможную четырехмерную конфигурацию пространства, времени и гравитации.

В 1918 г. Эмми Нётер сформулировала теорему (теорема Нётер), которая устанавливает связь между свойствами симметрии физической системы и законами сохранения. Если свойства системы не изменяются при каком-либо преобразовании переменных, то этому соответствует сохранение некоторой физической величины. Так, независимости свойств системы от выбора начала отсчета времени (однородности времени) соответствует закон сохранения энергии. Однородности пространства соответствует закон сохранения импульса. Изотропности пространства соответствует закон сохранения момента количества движения. Это выражает еще раз единство физических идей и геометрии пространства-времени в физической теории.

4.2. Альтернативные исследовательские программы

В альтернативных исследовательских программах иногда предлагаются иные конструкции времени и пространства.

4.2.1. Физика Милна. Так, в физике Милна, одной из альтернатив общей теории относительности Эйнштейна, понятия пространства и времени вводятся иначе. Первичным, интуитивно более ясным, считается понятие времени.

В исследовательской программе Е.А. Милна, первостепенное значение придается времени по сравнению с пространством в том смысле, что понятие времени считается первичным, а понятие пространства – производным от него (Milne, 1948).

4.2.2. Причинная механика Козырева. Время и пространство являются столь фундаментальными в физических исследованиях, что построение альтернативных физик, развитие альтернативных исследовательских программ непременно включает в себя их пересмотр. Н.А. Козырев предложил гипотезу о субстанциальной природе времени. Опираясь на неё, он обнаружил влияние земных и косми-

ческих необратимых процессов на вес покоящихся и вращающихся тел, на некоторые свойства вещества (плотность, упругость, вязкость, электропроводность и др.). Действующий фактор необратимых процессов он связал с активными свойствами времени, с причинностью и с дополнительными к известным источниками физической энергии (Козырев, 1991).

4.2.3. Программа геометродинамики. В программе геометродинамики физические явления строятся из свойств пространства-времени (развивается Дж. Уилером и его последователями с 50-х годов XX века). Она гласит: «В мире нет ничего, кроме пустого искривленного пространства. Материя, заряд, электромагнитные и другие физические тела являются лишь проявлением искривленности пространства. Физика есть геометрия. Все физические понятия должны быть представлены с помощью пустого, различным образом искривленного пространства, без каких-либо добавлений к нему» (Уилер, 1962, с. 159). Классическая геометродинамика включает в себя построение из геометрии пространства-времени эквивалентов массы, заряда, электромагнитного поля. В этой теории частица выступает как чисто геометрическое понятие. Масса, время, длина, электромагнитные поля и т. д. являются объектами чистой геометрии. Физика оперирует только длинами и ничем другим. Эта программа была продолжена в квантовой области.

4.3. Квантовая физика

4.3.1. Непроблематизируемая квантовая физика. Квантовая физика имеет дело с явлениями, которые непосредственно ненаблюдаемы: факт, полученный в результате опыта, не соотносится непосредственно с квантовомеханическим объектом. Побывайте в Протвино на Серпуховском ускорителе или в Дубне, и вам покажут фотографии с треками элементарных частиц. Обычный смотрящий на них человек видит только ряд полосок различной длины, разбросанных по фотографии. Только специалист, который проектировал и осуществлял эксперимент, увидит в них взаимодействие элементарных частиц.

Непосредственная ненаблюдаемость объекта исследования в квантовой физике является одной из причин, почему понятия времени и пространства не занимают в теоретических исследованиях такого фундаментального места, какое они занимают в классической физике: в квантовой физике большую роль играет импульсно-энергетическое представление и локальные, калибровочные инварианты (т. е. не глобальные геометрические, не пространственно-временные). В ней сформулирован ряд законов сохранения, которым трудно сопоставить свойства симметрии пространства и времени: сохранение барионного числа, сохранение лептонных чисел. Теории сильных и слабых взаимодействий тоже являются калибровочными. Вместе с тем одной из фундаментальных теорем является СРТ-теорема для всех фундаментальных видов физических взаимодействий, которая говорит о СРТ-симметрии описывающих их законов (где C – заряд, P – пространство, T – время). Другими словами, физики склонны признавать справедливость СРТ-инвариантности (инвариантности относительно изменения знака заряда, пространства, времени).

Фундаментальный закон, описывающий движение в квантовой физике – уравнение Шредингера, которое лежит в основе волновой механики (теории движения микрочастиц), – является *симметричным во времени*. Это означает, что и здесь, как в физике Ньютона, на фундаментальном уровне время не содержит в себе различия между прошлым и будущим. Локальная направленность времени или пространства истолковываются, в конечном счете, на базе более фундаментальных обратимых, симметричных законов: время и пространство симметричны (изотропны, ненаправленны, не имеют выделенного направления).

Обратимость фундаментальных законов физики, описывающих фундаментальные уровни мира посредством уравнений, инвариантных относительно инверсии времени, вступает в противоречие с необратимостью явлений реального мира. Это противоречие было осознано как «*проблема необратимости*», как парадокс времени во второй половине XIX века.

Различие между «до» и «после» (т. е. направленность времени, или стрела времени) на фундаментальном уровне описания для физика не существует. Вместе с тем, когда мы имеем дело с физическими явлениями в эксперименталь-

ной деятельности, на практике или с явлениями из области биологии, геологии, истории, антропологии и других, мы видим, что «до» и «после», и даже прошлое и будущее, играют различную роль, что существует направленность времени. В такой ситуации естественно встает вопрос: каким образом из фундаментальной концептуальной схемы физики, из симметричного во времени Мира, может возникнуть направленность времени.

Разделим физическое теоретическое знание на уровни: фундаментальный и локальный. Фундаментальный – это законы, которые действуют во всех соответствующих локальных областях (три закона механики, например). Локальный – это теории, которые, опираясь на фундаментальную теорию, говорят об узкой конкретной области физических явлений (например, аэродинамика, молекулярная физика...). Конструкции времени различны на этих уровнях в некоторых отношениях. Это различие касается, прежде всего, направленности времени. Все фундаментальные уравнения инвариантны относительно знака времени, т. е. время не направлено. В то же время существует много уравнений, которые необратимы во времени. Они, как правило, касаются более частных, локальных явлений. При этом происходит понижение уровня абстракций. Это уравнения процессов с трением, уравнения теплопроводности и др. В литературе сформулировано несколько так называемых стрел времени, т. е. выявлено несколько видов необратимых процессов, которые могли бы коррелировать с направленностью времени: энтропийная, волновая, космологическая стрелы и другие, например, связанные с необратимостью процесса измерения в квантовой физике.

В последнее время помимо проблемы направленности времени возникает неясность относительно упорядочения времени. Кажется, возможен положительный ответ на вопрос, не нарушается ли где-то на фундаментальном или локальном уровне отношение порядка, с которым, наряду с течением, связана прежде всего наша интуиция времени?

Если обратиться к экспериментальным результатам, то сегодня все они свидетельствуют о наличии у времени порядка. Вместе с тем теории допускают отсутствие этого свойства при определенных условиях. Так, отношение порядка не нарушается в специальной теории относитель-

ности внутри светового конуса. За его пределами порядок является неопределенным.

Конструкция времени как последовательности точечных моментов, кажется, не реализуется в определенных видах физических процессов (Хокинг, Пенроуз, 2000). Так, обратимся к началу вселенной, к Большому взрыву. В соответствии с классической физикой время началось в тот момент, когда пространство было бесконечно плотным и занимало одну точку. До этого моментов времени не было. В соответствии с квантовой физикой, свойство времени как последовательности, порядка начинается не при Большом взрыве, а несколько позднее, где-то через время Планка, через десять в минус сорок третьей степени секунд, после Большого взрыва. Сам Большой взрыв не содержит какого-либо определенного временного порядка.

Другим примером отсутствия порядка, последовательности времени может служить, видимо, то, что произойдет внутри черных дыр и при конечном повторном разрушении вселенной, при Большом сжатии. В том и другом случае в соответствии с классической физикой, как и при Большом взрыве, физический мир сожмется до бесконечной плотности, и результирующие гравитационные силы разорвут пространство-время, нарушат пространственно-временной порядок.

Третий пример. Считается, что в субмикроскопических масштабах квантовые эффекты тоже деформируют и разрушают структуру пространства-времени (Дойч, 2001, с. 288–289).

Эти вопросы, касающиеся названных трех примеров, остаются ещё открытыми, поскольку такие эффекты экспериментально еще не обнаружены. Но теории об этом уже говорят. И, в частности, одна из интерпретаций квантовой механики – квантовая механика с параллельными вселенными и квантовой концепцией времени – говорит о том, что классическая концепция времени как порядка, последовательности моментов не может быть истинной, хотя и обеспечивает хорошее приближение во многих областях вселенной.

Что касается потока времени (течения времени), то эти слова не имеют смысла в теоретической физике. Другими словами, теоретическая физика ничего не может о них сказать. Это, кстати, одна из причин ореола таинственности,

сопровождающего интерпретацию времени, и одна из загадок: наш здравый смысл говорит о том, что время течет, а теоретическая физика, фундамент нашего понимания мира, говорит или об обратном, или, в лучшем случае, молчит, ничего не говорит об этом.

Вопрос о размерности пространства-времени.

Обычно факт трехмерности пространства и одномерности времени физического мира, в котором мы живем, постулируется. Это тоже одна из загадок: почему это именно так, а не иначе? Сейчас этот вопрос ставится в такой форме: каким образом можно объяснить четырехмерность пространства-времени? При этом для ответа на вопрос нужно найти теорию из физики микромира, в которой постулируемые классические представления о пространстве и времени возникали бы как вторичные для описания макроявлений.

Сложилось два подхода к решению проблемы размерности (Владимиров, 1987):

1) Изучение особенностей четырехмерной физической теории по сравнению с предполагаемыми теориями, использующими многообразия иной размерности, отличной от четырехмерной (А. Эддингтон, П. Эренфест, А. Эйнштейн и их последователи).

2) Построение теорий, соответствующих физическим взаимодействиям: электромагнитному, слабому, сильному, гравитационному – на основе размерности больше четырех (Т. Калуца, О. Клейн и их последователи).

В развитии первого подхода ставилась задача: во-первых, выбрать закон или фактор, который может претендовать на фундаментальность в Мире в пространстве-времени четырех измерений, и, во-вторых, исследовать, зависит ли он от размерности многообразия. В итоге была получена картина уникальности нашего Мира во многих отношениях. Был получен длинный список особенностей четырехмерного Мира. Так, например, только в условиях пространства-времени четырех измерений (и меньше) устойчивы атомы. Это направление исследований развивается, и пока не найдено достаточных оснований для замены постулата о четырехмерности каким-либо другим.

Во втором подходе прежде всего начала развиваться единая пятимерная теория гравитации и электромагнитного, а

затем и других полей. Сложилось иное, чем в первом случае, направление мысли, и возникли иные вопросы, такие как: что кроется за проявлениями пятимерности физического пространства-времени, как совместить пятимерные теории с особенностями четырехмерного пространства-времени, что кроется за следующими измерениями, на каком числе измерений следует остановиться, существует ли предел числу измерений. Начали интенсивно развиваться теории с увеличивающейся размерностью. При этом, конечно, возникали и новые проблемы. С проблемой размерности оказались связанными фундаментальные проблемы физики: объединение гравитационных взаимодействий с электромагнитными, слабыми, сильными и ряд других. Для объединения четырех видов физических взаимодействий считается, что достаточно семи или восьми измерений. История многомерных теорий поля далеко не закончена.

Появление представлений о многомерных пространствах является важной вехой в развитии учения о структуре пространства и времени в физике. До сих пор не сформулировано достаточных оснований для того, чтобы обязательно мыслить физические объекты в отношениях, соответствующих четырехмерному пространству.

Вопрос о непрерывности (континуальности) пространства и времени.

Идею о квантовании пространства-времени развивал Р. Пенроуз. Он выдвинул твисторную программу, важнейшим моментом которой выступало сомнение в универсальности понятия континуума (Penrose, 1986). Он предлагал при описании квантовомеханических явлений отказаться от понятия точки пространства-времени, поскольку из-за принципа неопределенности точка должна размазываться так же, как размазываются частицы в квантовой теории. Он предлагал не просто замену континуума дискретным множеством точек, а нахождение способа отказаться от понятия точки вообще.

4.3.2. Квантовая физика, интерпретируемая с точки зрения множественности миров. Квантовая механика существует каких-то 75 лет (это как для механики Ньютона 50-е годы XVIII века). Поэтому можно понять ту ситуацию в науке, которая сложилась к концу XX и к началу нашего

века. Время поиска. Развиваются различные направления исследования, и нет окончательно признанных концепций, решивших все проблемы, которые на сегодня известны, или давших ключ к их решению. Имеется спектр исследовательских программ. Одни из них по-прежнему, т. е. как это характерно для классической физики, развивают физику пространства и времени: физика пространства и времени выступает как центр и фундамент теоретических построений. Другие исследовательские программы переносят центр тяжести с пространства-времени на иные характеристики физического Мира. Так, в интерпретации квантовой физики, с точки зрения множественности миров, физической реальностью является не пространство-время, а мультиверс. Не пространство-время, а весь мультиверс физически реален. Ничто больше не реально. Физическая реальность – это не пространство-время, а гораздо более многообразная категория, *мультиверс*. Образно говоря, мультиверс подобен огромному количеству сосуществующих пространств-времен, которые законами квантовой физики связаны таким образом, что невозможно упорядочить их обычным временным порядком. Способ соединения вселенных, о котором говорит квантовая теория, таков, что не существует возможности разграничить образы других времен (таких, как завтра, послезавтра, через сто лет...) и образы других вселенных. Другие времена являются лишь особыми представителями других вселенных. Различие, которое традиционно делали между другими временами и другими вселенными, всегда носило абсолютный характер. В свете данной интерпретации квантовой механики это различие делать не обязательно.

Такое понимание впервые появилось в ранних исследованиях по квантовой гравитации в 60-х годах XX века (Everett, 1957), а в общем виде оно было сформулировано в 1983 году Д. Пейджем и В. Вутерсом. В отличие от пространства-времени классической физики, мультиверс не состоит из взаимно определяющих слоев. Мультиверс является сложной многомерной мозаикой. Эта мозаичная вселенная не разрешает ни последовательности моментов времени, ни течения времени.

Вот итог этой квантовой концепции времени, выраженный словами Д. Дойч: «Время – это не последовательность

моментов, и оно не течет. Тем не менее наша интуиция относительно свойств времени в общем смысле истинна. Определенные события действительно являются причинами и следствиями друг друга. По отношению к наблюдателю будущее действительно открыто, прошлое неизменно, а возможности на самом деле становятся действительностью. Причина бессмысленности наших традиционных теорий времени в том, что они пытаются выразить эту истинную интуицию на основе ложной классической физики. В квантовой физике эта интуиция имеет смысл, потому что время всегда было квантовой концепцией. Мы существуем во множестве вариантов, во вселенных, называемых «моментами» (Дойч, 2001, с. 291–292).

4.4. Программы синтеза квантовой теории поля и общей теории относительности

К великим физическим теориям XX века можно отнести: специальную теорию относительности, квантовую теорию, общую теорию относительности, квантовую теорию поля. Эти теории не являются независимыми.

Так, общая теория относительности опирается на специальную теорию относительности, а квантовая теория поля учитывает квантовую механику и специальную теорию относительности. Эти теории достигли больших успехов, но вместе с тем они не свободны от трудностей. Общая теория относительности не полностью совместима с квантовой теорией, и сегодня никто еще не преуспел в формулировке квантовой теории гравитации. Ученые убеждены, что эти трудности в конце концов будут разрешены, когда квантовую теорию поля и общую теорию относительности удастся объединить в некоторую новую теорию (Хокинг, Пенроуз, 2000, с. 75–76). Развивается ряд программ. Среди них программа на основе теории струн, твисторная программа Р. Пенроуза, программа квантовой гравитации С. Хокинга.

4.4.1. Суперструнная теория. Суперструнная теория синтезировала все физические взаимодействия. Ее основными объектами являются суперструны и суперструнный вакуум. В ней стало возможным обобщение понятия поля до концепции суперструнного квантованного поля, зависящего от

конфигурации суперструн. Суперструнное пространство-время есть пространство всех возможных конфигураций суперструн, т. е. метрический аспект суперструнного поля.

Можно сказать, что на планковских расстояниях осуществляется суперструнная концепция пространства-времени, физически эксплицируемая на суперструнном квантованном поле и математически представимая в виде многомерного псевдоевклидова пространства-времени Минковского (Дубровский, 1991).

Достаточно последовательная квантовая теория суперструн Грина-Шварца была сформулирована непротиворечивым образом в десятимерном пространстве-времени Минковского, шесть измерений которого компактифицируются при выходе за пределы планковского объема.

4.4.2. Твисторная программа Р. Пенроуза. В этой программе пространство-время считается вторичной концепцией, а твисторное пространство полагается более фундаментальным понятием. «Эти два пространства связаны соответствием, согласно которому световые лучи в пространстве-времени являются точками в твисторном пространстве. Отсюда точка в пространстве-времени представляется множеством проходящих через нее световых лучей. Поэтому точка в пространстве-времени становится сферой Римана в твисторном пространстве. Мы будем считать, – говорит Р. Пенроуз, – твисторное пространство тем пространством, в рамках которого мы будем описывать физику» (Хокинг, Пенроуз, 2000, с. 126). В твисторном пространстве можно строить квантовую физику.

Можно также развить теорию твисторов, которая могла бы быть применена к искривленному пространству-времени и могла бы воспроизвести уравнения Эйнштейна. Р. Пенроуз, как и С. Хокинг, уделяет большое внимание структуре пространственно-временных сингулярностей (проблема сингулярностей является фундаментальной проблемой, трудностью общей теории относительности). Он считает, что квантовая гравитация не устранил сингулярности. «Истинная теория квантовой гравитации должна заменить наши сегодняшние представления о пространстве-времени в сингулярностях. Она должна дать ясный и четкий способ рассмотрения того, что в классической тео-

рии мы называем сингулярностями. И она не должна быть просто не сингулярным пространством-временем, а чем-то совершенно другим» (Хокинг, Пенроуз, 2000, с. 47).

В своей лекции «Твисторный взгляд на пространство-время» Р. Пенроуз развивает идею, что «теория, которая объясняет структуру сингулярностей, должна нарушать Т-, РТ-, СТ-, и СРТ-инвариантности» (Хокинг, Пенроуз, 2000, с. 122). Пенроуз склоняется к асимметрии времени.

4.4.3. Программа квантовой гравитации С. Хокинга. С. Хокинг развивает программу квантовой гравитации, в рамках которой сделаны два наблюдательно проверяемых предсказания, в отличие от теории струн и твисторной программы. С. Хокинг полагает возможным не отказываться от фундаментальной СРТ-теоремы и при этом объяснить стрелу времени в космологии.

В отличие от Р. Пенроуза, он не считает, что «с черными дырами связана какая-то асимметрия во времени. В классической общей теории относительности черные дыры определяются как области, внутрь которых могут попадать разные предметы, но из которой ничто не может выйти обратно. Тогда можно спросить, – говорит С. Хокинг, – а почему не существуют белые дыры, из которых предметы могут выходить, но не могут упасть обратно? Мой ответ состоит в том, что, хотя черные и белые дыры являются совершенно различными в классической теории, в квантовом случае они одинаковы. Квантовая теория устраняет различие между ними: черные дыры могут излучать, а белые дыры, по-видимому, могут поглощать. Я предлагаю считать черной дырой область, если она является большой и классической и при этом мало излучает. С другой стороны, поведение маленькой черной дыры, испускающей квантовое излучение, в точности соответствует поведению белой дыры» (Хокинг, Пенроуз, 2000, с. 142).

С. Хокинг полагает, что появление и исчезновение черных дыр будет симметричным во времени. «В одном направлении по времени мы увидим черные дыры, которые сначала появляются, а потом исчезают. В другом направлении – получим исчезающие и появляющиеся белые дыры, которые получаются путем обращения времени из черных дыр. Эти две картины должны быть одинаковы, если белые

дыры – то же, что и черные. В этом случае нет никаких оснований привлекать нарушение СРТ-теоремы, основываясь на поведении такого ящика» (Хокинг, Пенроуз, 2000, с. 145).

Первоначально, вспоминает С. Хокинг, Р. Пенроуз и Д. Пейдж отвергали его предложение о том, что образование и испарение черных дыр является симметричным во времени процессом. Но Пейдж постепенно склонился к согласию с С. Хокингом. И теперь С. Хокинг ожидает, что Р. Пенроуз сделает то же самое.

4.5. Космология

Начало и конец времени, границы и безграничность пространства. Эти проблемы пытаются обойти в различных вариантах квантовой космологии. В этом месте связаны в узел, перепутаны физические и мировоззренческие представления настолько, что и исследователи, и их «читатели» не могут добиться ясного, спокойного, незаинтересованного взгляда на эти вопросы. Здесь – проблемное поле, современная область исследований, где происходит разведение смыслов понятий. И снова особое внимание привлекает к себе вопрос о начале и конце времени. Многие ведущие теоретики настойчиво призывают в процессе разговора о физических конструкциях мира и времени забыть привычное человеку чувство течения времени, ибо не идет в этих конструкциях речи ни о каком потоке, или течении, времени. Именно привязанность человеческой жизни к потоку времени, с этой точки зрения, является причиной неоправданно горячей заинтересованности многих людей в современных космологических гипотезах. Здесь переплетены наука, мировоззрение, религия, философия.

4.6. Термодинамика

Термодинамика впервые ввела в физику историю, а вместе с ней и возможность другого взгляда на время. Это была, так сказать, негативная история – история, творимая разрушительными процессами, необратимыми процессами деградации. Второе начало термодинамики в формулировке Р. Клаузиуса утверждает, что неравновесные процессы в изолированной системе сопровождаются ростом энтро-

пии, они приближают систему к состоянию равновесия, в котором энтропия максимальна. Понятие энтропии было введено в 1865 году Клаузиусом.

Эта формулировка обобщается на системы, обменивающиеся энергией и веществом с внешним миром. При этом вклад в производство энтропии дают только необратимые процессы, такие как, например, теплопроводность или диффузия. Таким образом, второе начало термодинамики говорит о том, что необратимые процессы приводят к асимметрии времени, к выделенности одного из направлений временного порядка, к направленности временного порядка: второе начало связывает направленность времени с возрастанием энтропии. Причем направленность времени, связываемая со вторым началом, является фундаментальной, а не локальной. Она не может быть включена в схему симметричного динамического описания, как это можно сделать, например, с направленным временем в случае сверхслабого взаимодействия: распада K -ноль мезона.

Второй закон термодинамики сразу же приобрел огромную популярность, какой в те времена (1850–1865 годы) еще никогда не знала физика. В 1852 году У. Томсон выдвинул идею тепловой смерти Вселенной. К такому же выводу пришел и Р. Клаузиус. В работах, посвященных второму началу термодинамики, как правило, яркими красками была нарисована картина тепловой смерти вселенной. В них доступно и убедительно описывали переход механической энергии в тепловую, деградацию механической энергии, физическую эволюцию мира к тепловому равновесному состоянию, к хаосу и смерти. С ростом энтропии стали связывать направленность времени. Появилась термодинамическая стрела времени.

Концептуальная инновация, введенная термодинамикой, заключается в том, что в теоретическое описание была введена необратимость, которой мы не находим ни в классической, ни даже в квантовой физике на уровне фундаментальных (основополагающих) законов. Появление необратимости в физической теоретической картине мира вошло в конфликт с классической динамикой. Ведь для нее необратимость была лишь иллюзией, за которой теоретическая физика должна увидеть фундаментальные обратимые законы.

Конечно, устранение направленности времени из теоретического описания не означало грубого, непосредственно-го игнорирования темпоральности в мире. Оно находило свое выражение в стремлении выразить время через пространство, полностью погрузить его в геометрию, закрыв глаза на невыразимый в ней остаток. Это стремление стали называть геометризацией времени.

Начало этой тенденции положил основоположник современного естествознания Г. Галилей, когда начертил прямую ось как наглядный пространственный образ времени. Как показано выше, эта тенденция была развита и в классической, и в релятивистской физике. Такое направление развития соответствовало стилю мышления классической науки, убеждению, что за изменчивыми явлениями кажущейся сложной реальности стоят универсальные и вечные законы. Сложившийся статический взгляд на природу времени, который не замечал различия между прошлым и будущим, начал вызывать возражения с развитием термодинамики, а также эволюционных идей в других науках.

Найти в конкретном процессе причину асимметрии времени, показать, что направление времени является производным понятием «невременного» происхождения, оказалось очень заманчивой перспективой для многих ученых. Начало этому движению практически положил Л. Больцман. Он полагал, что он нашел ключ к пониманию стрелы времени, что он доказал, что асимметрия времени определяется возрастанием энтропии изолированной системы, эволюционирующей от менее вероятных состояний к более вероятным со все большим молекулярным беспорядком. Концепция Больцмана встретила с трудностями и породила дискуссию, которая не умолкла и сейчас. В 1872 году Больцман опубликовал Н-теорему, которая вместе с его же статистической интерпретацией второго начала термодинамики (т. е. закона о поведении энтропии в изолированных системах) была положена в основу теории необратимых процессов. Она породила острую дискуссию, связанную с ее принципиальной необратимостью, что не согласовывалось с обратимостью механики Ньютона–Гамильтона.

Настойчивые попытки согласовать термодинамическое описание природы с классической динамикой, связанные с осознанием роли необратимости, привело к формирова-

нию новой концепции времени. Оно во многом связано с работами Брюссельской школы неравновесной термодинамики во главе с И.Р. Пригожиным.

Развитие теорий состояний, далеких от равновесия, показывает, что для диссипативных систем с необходимостью возникают нелинейные уравнения, а с ними естественным образом возникает необратимость процессов, с которой связывают необратимость времени. В таком случае необратимость времени оказывается тесно связанной с неустойчивостями в открытых системах.

И.Р. Пригожин вводит два времени: динамическое и внутреннее. Динамическое время – это время, позволяющее задать описание движения точки в классической механике или изменения волновой функции в квантовой механике. Внутреннее время – это время, которое существует только для неустойчивых динамических систем. Оно характеризует состояние системы, связанное с энтропией (Пригожин, 1985).

Описание внутреннего времени сильно отличается от традиционного представления о времени как о величине, изоморфной прямой, идущей из далекого прошлого (t стремится к минус бесконечности) в далекое будущее (t стремится к плюс бесконечности). «Настоящее в таком представлении соответствует единственной точке, отделяющей прошлое от будущего. Настоящее возникает ниоткуда и исчезает в никуда. Стянутое в точку, оно бесконечно близко и прошлому, и будущему. В нашем представлении, – пишет И.Р. Пригожин, – прошлое отделено от будущего интервалом, длина которого определяется характерным временем τ , и настоящее обретает *продолжительность*» (Пригожин, 1985, с. 238–239). При этом происходит, по выражению Пригожина, овременивание пространства, поскольку его характеристики связаны с характерным временем τ .

Принятие второго начала термодинамики в качестве фундаментального динамического принципа приводит к далеко идущим следствиям в наших представлениях о пространстве, времени и динамике. Применение второго начала позволяет определить внутреннее время T , которое дает возможность сформулировать нарушение симметрии, лежащее в основе второго начала. Важно, что внутреннее время существует только для неустойчивых динамических

систем. Необратимость и неустойчивость тесно связаны между собой: «Необратимое, ориентированное время может появиться только потому, что будущее не содержится в настоящем. ...Мы приходим к выводу, что нарушенная временная симметрия является существенным элементом нашего понимания природы» (Пригожин, 1985, с. 252).

Наш мир – это мир неопределенности. Стало понятно, что много интересных явлений есть в нелинейных процессах. Появились альтернативные стратегии развития исследований в этой области науки.

5. Жизненный мир и точные науки: что есть время?

Анализ естествознания показывает, что математизированные теории раскрывают время в аспекте временного порядка. Это позволяет получить такое знание, которое недоступно иным методам познания. Научная концепция времени погружена в мировоззренческую, в других отношениях более богатую концепцию, которая опирается и на жизненный опыт человечества. Она строится на базе динамического представления времени как текущего и обладающего модусами «прошлое», «настоящее», «будущее». Уверенность в существовании «настоящего» выступает как предпосылка познания времени в науке. Ученый, для которого научная деятельность является частицей его более полной жизни, выходит в познании за пределы рамок гносеологического субъекта в более широкую область человеческого. Это особенно заметно в современных областях «точных» наук, касающихся управления, проектирования, моделирования сложных систем.

Утверждение экзистенциального характера «настоящее существует» фиксирует факт существования человека, других людей, мира культуры, мира природы – факт, который специально не доказывается, но и не подвергается сомнению. Это – очевидность, с которой невозможно не считаться. Утверждение «существует настоящее» не подходит ни под статус определения, ни под статус конвенции, ни под статус научной аксиомы. Это утверждение другого рода. Оно в явной форме обычно не формулируется, ибо является выражением очевидности, выходящей за пределы научного

теоретизирования. Лишь на уровне эмпирической научной деятельности этот факт оказывается важным, ибо здесь ученый выступает не только как гносеологический субъект, но и как человек, живущий в реальном времени и действующий с материальными предметами, – т. е. и в своей познавательной деятельности он включен в реальную жизнь, а не только в мир теоретических абстракций. Не случайно в физической теории нет понятия настоящего. Она не выходит в сферу живой жизни. «Настоящее» же – феномен жизни, а не абстрактного мира. Именно этот жизненный факт, который ученый знает до того, как он строит теорию, и независимо от этого, обеспечивает понимание научной модели времени, временного многообразия в физике – как времени текущего, того самого, в котором живут люди, природа, мир.

Другой вопрос, что интерпретация факта практической жизни, «жизненного факта» является различной в различных мировоззренческих концепциях. Что в нем, в этом факте: страдание, умирание, восхождение, радость? Отсюда и аксиологический характер концепции времени. «Настоящее» освещается с позиций человеческих ценностей, воплощенных в концепции, интерпретирующей факт «настоящего». Концепция времени оказывается относительной к ценностям. В зависимости от того, на что ориентирован в своей жизни человек, как трактуются его возможности, мир, в котором он живет, – в истолковании времени делается акцент либо на прошлом, либо на будущем, либо на настоящем. Другие его модусы остаются в тени, их значение оказывается несущественным.

Как правило, в учениях о времени «настоящее» не является основным модусом времени. Это особенно удивительно, если иметь в виду антропологически ориентированную философию: ведь жизнь человека реализуется в настоящем, какие бы ни были у него надежды, верования, воспоминания, традиции. Вся жизнь человека проходит в настоящем, даже если «время – это длительная смерть». Забывать о настоящем – значит забывать о человеке, делать его лишь средством для чего-то. Модус настоящего может быть значимым в той концепции, где человек призван действовать. Деятельность содержит в себе и память, и цель, а осуществляется в настоящем.

До сих пор остается в силе идея, высказанная Берtrandом Расселом о том, что в теоретической физике для описания объектов внешнего мира с точки зрения их временного поведения достаточно использовать представление временного порядка. При этом нет никакой необходимости в понятии течения времени. Современное естествознание отходит от свойственной прежней физике идеи эквивалентности всех моментов времени, согласно которой моменты времени различаются только лишь отношением порядка. Появляется, по крайней мере, локальная неэквивалентность моментов: некоторый временной интервал выделяется выделенным по сравнению с другими. Эта выделенность обусловлена характером протекающих процессов. Одним из примеров может служить введение представления о «настоящем» в известной концепции И. Пригожина. Казалось бы, вот оно – течение времени! Но локальная неэквивалентность моментов времени по-прежнему вводится в контексте так называемого «опространствованного времени», когда события описываются лишь как различающиеся в некотором отношении, но не как происходящие, не как случающиеся. С этой стороны Мир раскрывается человеку лишь в опыте его непосредственной жизни.

ЛИТЕРАТУРА

- Вернадский В.И.* Проблема времени в современной науке // Известия АН СССР. Отделение математических и естественных наук, 1932. № 4.
- Вернадский В.И.* Проблемы биогеохимии. II. О коренном материально-энергетическом отличии живых и косных естественных тел биосферы. М.–Л., 1939.
- Вернадский В.И.* Размышления натуралиста. Книга I. Пространство и время в живой и неживой природе. М., 1975.
- Владимиров Ю.С.* Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 215 с.
- Дойч Д.* Структура реальности. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 400 с.
- Дубровский В.Н.* Концепции пространства-времени. М.: Наука, 1991. 168 с.
- Казарян В.П.* Понятие времени в структуре научного знания. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 176 с.

- Козырев Н.А.* Избранные труды. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. 445 с.
- 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 МГУ, 1996. С. 235–288.
- Лейбниц Г.В.* Собр. соч. в 4-х томах. Т.1. М.: Мысль, 1982. 636 с.
- Михайловский Г.Е.* Биологическое время, его организация, иерархия и представление с помощью комплексных величин // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. Часть 1. Междисциплинарное исследование. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 112–134.
- Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. Перевод с латинского с примечаниями и пояснениями А.Н. Крылова // Собрание трудов академика А.Н. Крылова. Т. VII. М.–Л., 1936.
- Пригожин И.* От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. 328 с.
- Уилер Дж.* Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Наука, 1962. 498 с.
- Хокинг С., Пенроуз Р.* Природа пространства и времени. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 160 с.
- Everett H.* «Relative state» Formulation of Quantum Mechanics // Rev. of Modern Physics, 1957. V. 29. № 3. P. 454–462.
- Milne E.A.* Kinematic Relativity. Oxford, 1948.
- Penrose R.* On the origins of twistor theory. In Gravitation and Geometry. Ed. W. Rindler and A. Trautman. Bibliopolis. Naples, 1986.

ГЛАВА III

Александр В. Коганов

Научно-исследовательский институт

системных исследований

Российской академии наук;

кафедра темпоральной топологии

Web-Института исследований природы времени

<http://www.chronos.msu.ru>;

koganow@niisi.msk.ru

Математический аспект изучения категории времени*

Данная статья является попыткой понять роль математического языка в изучении Времени как явления наблюдаемого Мира. Автор умышленно избегал использования математического аппарата, стремясь к содержательному толкованию формальных теорий. Это ни в коем случае не обзор теоретических работ на указанную тему, а только поиск общих принципов, на которых основаны математические модели.

Ключевые слова: *время, математика, модель, верификация, инвариантность, непротиворечивость, относительность, наблюдатель, существование.*

1. Математическая природа научного понятия времени

Одной из особенностей времени как объекта естественных наук является принципиальная невозможность повторного предъявления одного момента времени для проведения проверочных измерений и наблюдений. Это делает представление о времени принципиально субъективным, зависящим от тех сведений о ранее происшедших событиях, которыми располагает исследователь. Фактически эти сведения уже нельзя достоверно пополнить или уточнить. В этом смысле время не может рассматриваться как объект экспериментально-логической науки. Поэтому в естествен-

ных науках и в физике под изучением времени понимается изучение только тех его свойств, которые можно проверить при многократном воспроизведении каких-то ситуаций. Такие свойства применительно к физическим процессам называются стационарными, но при этом подразумевается их неизменность по ходу времени. Применительно к самому времени такой термин представляется логически рискованным, порождающим порочные круги. Лучше использовать более общий термин – верифицируемые свойства времени.

В силу невоспроизводимости каждого момента времени совокупность верифицируемых свойств не дает полного представления о времени как о явлении природы. Именно с этим связаны разночтения в трактовке исторических событий, в том числе и научных экспериментов, результаты которых не удалось повторить. По той же причине верифицируемые свойства представляют собой чисто логические конструкции, справедливость которых эмпирически доказана в прошлом, и зафиксирована в документах, справедливость которых относительно тех моментов, когда проводилась проверка, не может быть подтверждена непосредственно. Таким образом, эти свойства приходится принимать на веру как аксиомы, по крайней мере для прошлого.

В этом смысле время можно изучать методами естественных наук только как математическую конструкцию, вычислимые свойства которой эмпирически проверяемы лишь частично, только в настоящем и в будущем. Поэтому особую важность приобретает логическая непротиворечивость используемых постулатов. В противном случае, возникающие противоречия уже невозможно будет устранить дополнительными наблюдениями относительно прошедших моментов времени. Заметим, что в естественных науках часто допускается противоречивое описание объекта исследований со ссылкой на необходимость дальнейших исследований на эмпирическом уровне.

Любой набор непротиворечивых логических постулатов допустимо рассматривать как математическую модель объекта, к которому эти постулаты относятся. На основании вышесказанного можно утверждать, что время в эмпирико-логических науках можно изучать только как математическую модель с частично проверяемыми предсказаниями.

* При поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-01-00101а).

Надо отметить, что естественные науки в отношении изучения времени как объекта находятся в значительно худшем положении, чем гуманитарные, искусство и философия. В этих областях интеллектуальной деятельности доминирует множественность точек зрения, а субъективный индивидуальный взгляд на явление считается даже необходимым. В такой концепции невозможно требовать объективной истинности описания, а экспериментальная проверка личной точки зрения просто не имеет смысла. Поэтому время как художественный образ или философская категория не требует математического описания. Более того, трудоемкость формирования однозначно трактуемого описания средствами математического языка делает практически невозможным использование математических моделей в искусстве, по крайней мере в качестве логической конструкции. Такие описания подавляют непосредственные эмоции у неподготовленного человека. В философии использование математики также резко сокращает круг людей, способных воспринять теорию.

В последнее время наметился, пока еще очень робкий и наивный, способ проникновения математических моделей в искусство. Это компьютерные игры, где сама модель скрыта от человека, а общение с машиной происходит на уровне образного восприятия игровой ситуации. И уже в первых опытах этого рода заявила о себе модель времени как необходимый атрибут игры. В качестве примера можно отметить характерное для многих игр ускорение темпа игры с повышением уровня сложности.

Впрочем, это явление еще раньше обнаружилось в спорте, где разного рода временные регламенты требуют строгой формулировки, вплоть до указания технических средств измерения времени и разбиения полного времени игры на отдельные этапы. Интересно, что в некоторых видах спорта одновременно используется несколько моделей времени, например чистое время игры и ее астрономическая длительность, или в шахматах – число сделанных ходов, время размышления над ходами каждого игрока (по шахматным часам) и астрономическое время, включая перенос продолжения партии на другой день. Такое же явление множественности моделей времени характерно для компьютерных игр.

Сама потребность в модели обусловлена требованием одинакового понимания правил игры всеми ее потенциальными участниками. А наличие нескольких моделей времени отражает разные аспекты этого понятия с точки зрения участников. Например, логическая длительность шахматной партии определена числом сделанных ходов, а не временем размышления над ними. Однако физическая нагрузка на партнеров обусловлена астрономической длительностью партии. Но поскольку в любой игре главное – это эмоции, используемые средства регистрации времени скрытаны от зрителя и даже от игроков. Они видят только готовый результат, который выдает специальная система времени. В этой же системе скрыта и математическая модель игрового времени.

Необходимость математического моделирования времени в науках о природе и связанные с этим трудности (в том числе и проблемы становления и развития самой математики) обусловили преимущество нестрогих ассоциативных философских и художественных описаний времени как явления. Это преимущество носит прежде всего количественный характер: огромное число ярких образов и интересных трактатов формировали и формируют представление о времени у представителей каждой земной цивилизации. Но следует признать и некоторое качественное превосходство. Образные описания формируют очень многогранный образ явления за сравнительно короткое время. Математические описания требуют больших усилий и продолжительности занятий для понимания только какой-то одной стороны феномена времени. Тем не менее, как и во многих других областях знания, точные описания и методы дают то, что принципиально недостижимо другими средствами: однозначность трактовки свойств объекта изучения и связанную с этим возможность опытной проверки каждой версии.

Необходимость математических описаний времени как явления природы привела к очень медленному, иногда парадоксально долгому развитию средств измерения и описания времени. Достаточно вспомнить, что солнечные часы создали только в VII веке до н. э. (нужно было дожидаться математического описания связи движения небесных тел с ходом времени), а маятник был открыт Галилеем лишь в XVI веке н. э. (требовалось математическое описание рав-

номерного и ускоренного движения, развитое тем же ученым). А ведь эти приборы по технологии доступны даже в каменном веке. Использование усредненных показаний большого числа индикаторов времени для увеличения точности измерений стало возможным только после развития соответствующих статистических теорий. Заметим, что самые точные на сегодня часы – атомные – основаны на усреднении большого числа случайных событий распада ядер. До возникновения математической статистики невозможно было осознать, что большое число приборов со случайным срабатыванием могут дать самый равномерный индикатор хода времени.

Значительные трудности возникают с интерпретацией не только базового понятия времени, но и отдельных его свойств. К числу таких затруднений относится строгое определение равномерности хода часов, замедления, ускорения или остановки хода времени. Наиболее развитые математические модели формируют и эти характеристики. Однако их понимание оказывается невозможным на уровне бытового здравого смысла.

Именно это обстоятельство порождает многочисленные протесты и попытки модификации современной физики в сторону качественного описания явлений без математики. Не вдаваясь в дискуссию с представителями этого направления, следует признать, что математика в ее современном виде не годится для создания непосредственно понятных объяснений наблюдаемых фактов. Такова плата за однозначность трактовок теории. Развитие популярного математического языка – очень серьезная проблема, выходящая за рамки изучения времени. Это комплексная проблема естественных, гуманитарных и точных наук, носящая ярко выраженный психологический оттенок. В последние годы появилась надежда на ее частичное решение с помощью развитого интерфейса компьютеров. Не последнюю роль тут играет и возрастающая доступность этой техники для индивидуального пользования. Большинству людей для понимания явления требуется не логическая конструкция, а модель, с которой можно поиграть на уровне прямого действия и наблюдения реакции. Поэтому создание «релятивистских и квантовых тренажеров» может устранить многие проблемы с противоречием теории и интуиции.

2. Принцип относительности

Важной особенностью современной теоретической физики является вторичность формальной математической конструкции по отношению к некоторым семантическим принципам, формулировка которых не содержит в себе однозначно определенной модели, но накладывает ограничения на допустимые теории. Наиболее успешным из таких принципов, вероятно, можно признать принцип относительности. Он заключается в независимости математической модели любого процесса от выбора модели наблюдателя. При этом неявно содержится требование наличия класса моделей наблюдателя в составе общей теории. Первой явной реализацией этого принципа была кинематика Галилея, в которой моделировались процессы движения твердых тел во внешнем пространстве. Была введена количественная мера скорости, а моделью наблюдателя было одно из движущихся твердых тел. Законы пересчета скоростей при смене наблюдателя были сформулированы так, что для всех наблюдателей правила этого пересчета были одинаковыми.

Однако фактически догадка о принципе относительности уже содержалась в логике Платона–Аристотеля–Эвклида. Единство правил рассуждений для всех исходных посылок можно без натяжки трактовать как принцип относительности, где моделью наблюдателя служит набор аксиом, а моделью мира – вытекающая из них теория. Но в античную эпоху аксиомы считались априорной истиной, данной свыше, и поэтому принцип относительности не мог быть сформулирован явно. И все же основатели логики понимали, что стремятся к теоретическому выводу истины, не зависящей от конкретного теоретика. Шаг Галилея заключался в добавлении законов изменения аксиоматики (картины мира) с точки зрения различных наблюдателей. При этом любой наблюдатель мог теоретически поставить себя на место другого и «увидеть мир его глазами», не меняя законов природы и правил логики.

Разумеется, такой общий принцип не мог однозначно определить математическую модель мира. Поэтому первая модель механики материальных точек была воспринята в стиле античной традиции, как данная свыше Истина. Ньютон сформулировал свои законы в форме, инвариан-

тной относительно некоторого класса наблюдателей (инерционные системы отсчета), но сразу же возник вопрос, почему нет инвариантности для других наблюдателей, движущихся с ускорением. Отрицать наличие таких наблюдателей в реальном мире было невозможно. Известно, что Ньютон всю жизнь бился над этой загадкой. Но идеология абсолютной истинности уже открытых законов природы не позволила ему сделать следующий шаг: изменить математическую модель, расширив класс наблюдателей, для которых она инвариантна. На этот шаг в точных науках ушло триста лет – до создания общей теории относительности.

Сегодня уже вполне осознано, что сама относительность относительна: в разных теориях можно получать различные группы инвариантности законов природы, и далеко не всегда мы можем представить себе эти преобразования как смену наблюдателя. Удобнее говорить о разных состояниях изучаемого объекта, смена которых меняет значения измеряемых параметров, но не меняет законы связи между этими параметрами. Так устроена современная теория элементарных частиц, термодинамика, электродинамика и другие разделы физики.

Характерной особенностью современного этапа развития теоретической точной науки является модель измерений значений изучаемых параметров моделируемого объекта, дополняющая модель самого объекта. Именно это позволило расширить применение принципа относительности. Но неявно этот прием содержался уже в кинематике Галилея. Требовалось только осознать, что пересчет скорости тела относительно наблюдателя является моделью измерения движения тела этим наблюдателем. Но в ту эпоху числу придавали абсолютный смысл, а измерение считали только вынужденным актом для получения приблизительного представления об Истине. Сегодня большинство исследователей природы склонны считать число прямым порождением акта измерения, а понятие истинного значения параметра рассматривают как философскую идеализацию. Под точностью измерений понимается разброс значений, получаемых в экспериментально неразличимых ситуациях.

Математический аппарат построения теорий, удовлетворяющих принципу относительности, называется теорией групп. Это понятие было введено Галуа в начале XIX века

для решения внутренних математических проблем, связанных с установлением границ возможностей различных конструктивных методов в математических теориях. Осознание связи понятия группы с физикой и другими естественными науками пришло значительно позже.

В основе этого понятия лежит преобразование некоторой математической конструкции, сохраняющее оговоренный набор ее свойств и допускающее возврат к ее исходной форме (изоморфизм). Множество всех таких преобразований одной конструкции называется действием группы на эту конструкцию, а законы получения нового изоморфизма путем последовательного применения двух и более изоморфизмов называются группой. Оказалось, что все группы обладают некоторым набором общих свойств, и, наоборот, выполнение этих свойств для некоторого набора абстрактных операций гарантирует, что этот набор операций образует действие группы на некоторый объект (определяемый неоднозначно). Принятие этих свойств в качестве аксиом позволило построить теорию групп в очень общей форме, что привело к осознанию широкой применимости принципа относительности. К сожалению, при этом снизилась наглядность теоретических аргументов и выводов.

Отказ от концепции наблюдателя как носителя одного из относительных описаний объекта требует введения в теорию некоторого параметра, выделяющего одно из описаний. Наиболее общим термином для такого параметра сегодня является состояние объекта. Но имеется одно важное отличие понятия состояния от понятия наблюдателя, и это тесно связано с понятием времени. Наблюдатели предполагаются существующими одновременно и даже наблюдающими друг друга. Состояния же сменяются во времени альтернативно и несовместимы друг с другом. В каждый момент времени существования объекта моделирования у него имеется (или предполагается) ровно одно состояние. Чтобы совместить категории наблюдателя и состояния, надо ввести в модель объекта, описанного в терминах наблюдателя, процесс смены наблюдателя. Тогда состояние объекта будет предполагать наличие определенного наблюдателя, а смена наблюдателя сама по себе будет означать изменение состояния объекта. Другой путь – рассмотрение ансамбля однотипных объектов, опи-

санных в терминах состояний и находящихся в разных состояниях в один момент времени. Элементы такого ансамбля можно рассматривать как разных наблюдателей за одним объектом.

Предыдущее рассмотрение показывает, что категория наблюдателя содержит в себе некоторое представление об одновременности существования. Это верно даже для объектов, описанных вне времени только совокупностью своих состояний и группой их преобразований друг в друга. Переход к ансамблю порождает понятие момента времени как набора совместно наблюдаемых состояний элементов ансамбля. При этом группа преобразований состояния одного объекта порождает и группу преобразования набора состояний ансамбля. Так возникает понятие причинной связи между моментами времени.

Например, если считать, что состояние действует само на себя, то требуется ввести в модель соответствие между состоянием модели и ее изоморфизмом, моделирующим самодействие состояния. Этот изоморфизм изменит состояние, а новое состояние, породив новый изоморфизм, перейдет в следующее. Так запускается процесс последовательной смены состояний объекта и ансамбля. С другой стороны, такое соответствие можно определить многими способами.

Это означает, что принцип относительности нельзя рассматривать как генератор моделей. Он носит только ограничительный характер, требуя изоморфности всех допустимых преобразований состояния и возможности последовательного выполнения нескольких таких изоморфизмов. Последнее требование в скрытой форме предполагает наличие времени в модели, а первое требование означает наличие у модели конструктивных элементов, неизменных во времени.

3. Понятие существования

Понятие существования какого-либо явления в природе настолько тесно связано с понятием времени, что само время можно рассматривать как совокупность различных существований. На бытовом и семантическом уровне понимания любой объект может существовать только во времени, а исчезновение и прекращение существования даже

лингвистически характеризует именно момент времени: до него нечто было, а после него – перестало быть.

Единственная область знания, где существование рассматривается вне физического времени, – это математика. На современном математическом языке существование объекта относится к теории, которая его описывает, а не к реальному миру. Объект может существовать в одной теории и не существовать в другой. Например, в теории целых чисел нет числа строго между единицей и нулем, а в теории рациональных чисел такой объект существует, и не один: 0,5; 0,9 и т. п. Притом в обеих теориях соответствующий факт можно строго доказать.

Еще сложнее обстоит дело с существованием в теории объектов, свойства которых не противоречат, но и не вытекают из аксиом теории. Их называют независимыми от аксиоматики. Существование такого объекта можно постулировать с помощью дополнительной аксиомы, не создавая противоречия. Но при этом возникнет уже другая теория с «лишней» аксиомой. То же относится и к постулату отсутствия независимого объекта. С помощью независимых объектов математические теории можно разветвлять указанным способом неограниченно. И все новые теории будут совместимы с исходной, хотя в них будет больше доказуемых теорем. Можно было бы говорить о потенциальном существовании в теории объектов, независимых от аксиом, но точно так же можно говорить и об их потенциальном отсутствии.

Заметим, что если свойства объекта противоречат аксиомам теории, то этот объект точно не существует в данной теории. Если же эти свойства несут в себе противоречие с точки зрения логического анализа, то такой объект не существует ни в одной теории. И тем не менее его можно описать (определить математически) и анализировать, например, на наличие такого противоречия.

С точки зрения наук о природе все вышесказанное совершенно бессмысленно. Ни одна теория не может отрицать существования объекта, который зарегистрирован реально одной из наук. Точно так же методы естественных наук неприменимы к объектам, которых в природе нет. Наконец, открытие, к примеру, нового животного не отменяет биологии с заменой ее на другую науку.

В математике тоже имеются объекты, которые можно вводить в теорию, не меняя этой теории. Это построения различных частных случаев какого-либо общего понятия теории. В этом случае теория должна содержать указания на допустимые приемы построения новых объектов, а доказательство существования такого объекта сводится к проверке, что при его определении использованы только допустимые приемы.

Существование объекта в математике означает только допустимость его введения в теорию без изменения аксиом этой теории. Реальное время к такому существованию на первый взгляд никакого отношения не имеет. Но это не совсем так. Сам логический вывод, который эквивалентен эксплуатации математического понятия, требует времени, как модельного (число шагов вывода), так и физического (продолжительность реальной работы аналитика). Но оба эти времени не являются объектами той математической теории, к которой они относятся. Хотя какая-то другая теория может изучать именно число логических шагов, необходимых для доказательства теоремы в исходной теории, или астрономическое время работы компьютера при решении некоторой задачи. Поэтому можно утверждать, что математическое понятие существования тоже связано с категорией времени, но не столь прямо, как в естественных науках.

Так же, как и в науках о природе, существование объекта в некоторой математической теории совпадает с существованием всех его свойств. Эти свойства устанавливаются логическим доказательством (включая прямые вычисления). Некоторые свойства очевидны непосредственно из определения объекта, другие устанавливаются только после развития необходимого технического аппарата (логического типа).

Но имеется одно радикальное расхождение математической и физической категорий существования. У физического объекта в каждый момент времени существует ровно одно состояние. Остальные состояния рассматриваются как возможные, но не существующие. А у математической модели этого же объекта существуют все состояния. Для выделения одного состояния объекта, которое реализовано, в математике используется модель времени, имеющая вид параметра, каждому значению которого сопоставляется некоторое одно

состояние. Такое соответствие называется процессом смены состояний (точнее, его моделью). В механике эта модель традиционно называется законами динамики. Адекватность подобной модели реальному миру была подвергнута радикальной критике создателями теории относительности. Но в большинстве современных математических описаний природных или социальных объектов лежит именно такое параметрическое математическое время.

В теории относительности рассматривается не один параметр времени, а бесконечное множество различных параметризаций одного множества состояний объекта, интерпретируемое как совокупность всех возможных наблюдателей в нашем мире, и задаются специальные законы перехода от одного параметра к другому, которые сохраняют основные законы эволюции состояний, заданные в форме уравнений математической физики. Эта инвариантность означает изоморфность всех наблюдателей в механике, известную под именем равноправия всех систем отсчета. Интересно, что параметризации самого множества наблюдателей в теории относительности нет, что интерпретируется как допущение произвольности выбора или смены системы отсчета в теории. Однако при конкретных расчетах требуется либо зафиксировать систему отсчета, либо параметризовать этот выбор. В последнем варианте малое приращение параметра системы отсчета отождествляется с приращением времени в той системе отсчета, которая соответствует текущему значению параметра. Равноправие всех таких параметризаций множества наблюдателей в смысле инвариантности законов природы относительно изменения процесса смены наблюдателей легло в основу общей теории относительности (ОТО).

При этом каждая параметризация наблюдателей чисто логически превратилась в новую систему отсчета, или в нового наблюдателя. Поэтому в общей теории относительности систему отсчета всегда можно считать фиксированной, а инерционные системы отсчета равноправны с любыми другими. Так разрешилась проблема выделенных инерционных наблюдателей, беспокоившая Ньютона. Но за это пришлось заплатить значительно более сложными уравнениями законов природы, которые инвариантны в таком широком классе систем отсчета. Именно эта сложность ответственна за то,

что законы ОТО практически используются только тогда, когда другие теории дают слишком большую погрешность. В других случаях применяют теории, инвариантные только в инерционных координатах.

Заметим, что математически все наблюдатели существуют в совокупности, независимо от выбора системы отсчета, а выбранная система отсчета рассматривается только как выделение одного элемента из множества равноправных.

В реальном мире реализованы только те системы отсчета механики, которым соответствуют физические тела, удовлетворяющие требованиям данной механики для систем отсчета. А выбор системы отсчета означает размещение на соответствующем теле измерительных приборов. Одновременно может быть реализовано несколько таких систем, но, разумеется, не все. Набор реализованных измерительных комплексов входит в состав состояния изучаемого природного явления.

Альтернативное, а не совместное существование состояний объектов реального мира является фактически единственным референтом времени в эмпирической науке. Это свойство называется изменчивостью объекта. Само понятие времени возникло как описание (или признание) изменчивости мира.

Отсутствие изменчивости в математических описаниях на первый взгляд делает их не адекватными объекту. Однако это – иллюзия. Именно стационарность математической модели как объекта делает ее пригодной для изучения и верификации с опытом. Именно возможность такого неизменного описания свойств времени, включая и описание самой изменчивости, делает математическую модель времени объектом изучения точных и естественных наук, обеспечивая необходимые качества воспроизводимости и повторяемости признаков объекта. Если бы элементы математического описания исчезали в процессе логического анализа подобно моментам времени, ценность модели была бы минимальна. *Парадокс заключается в том, что именно различие свойств категории существования в математике и в природе делает математическую модель средством, пригодным для изучения времени.*

4. Категория стационарности

Характеристики модели, зависящие от параметра времени, обычно называют динамическими. Свойства математической модели, которые не зависят от параметра времени, называются стационарными характеристиками. Эти характеристики делятся на два класса.

К первому классу относится конструкция самой модели. Этим характеристикам не соответствует какая-либо измеряемая характеристика объекта моделирования. Назовем их математическими конструктами. Совокупность конструктов назовем структурой или конструкцией модели. К ним относятся аксиомы и уравнения, математические операции и специальные функции, логика, в которой осуществляется формальная выкладка при анализе модели.

Ко второму классу относятся параметры модели, имеющие интерпретацию среди измеряемых характеристик объекта моделирования. Чаще всего это какие-то числовые переменные, расчет которых предусмотрен моделью или процедурой задания исходных данных. Сама интерпретация выходит за рамки математического языка и задается содержательным описанием в терминах манипуляций и процедур измерения на реальном объекте. Такие параметры назовем интерпретируемыми. А совокупность описаний их интерпретаций назовем блоком интерпретации теории или модели.

Интерпретируемые параметры могут быть как стационарными, так и динамическими. Структура модели всегда только стационарна. Кроме того, могут быть динамические и стационарные параметры и логические характеристики модели, у которых нет интерпретации, но они не входят в конструкцию модели. Это разного рода переменные, куда заносятся промежуточные результаты выкладок, или теоремы, которые можно доказать относительно модели, исходя из ее конструкции.

Обязательным стационарным свойством модели должно быть совпадение расчетных интерпретируемых параметров и результатов интерпретирующих измерений с оговоренной в интерпретации точностью. Это особая стационарность, относящаяся не только к параметру времени в модели, но и к физическому измеряемому времени. Если

этой стационарности нет, то интерпретация модели должна быть признана некорректной. Это свойство называется адекватностью модели объекту. Процесс достижения адекватности путем изменения стационарных параметров модели (как интерпретируемых, так и неинтерпретируемых) называется идентификацией.

Кроме того, можно выделить вторичные стационарные параметры, которые получены путем математических операций над интерпретируемыми параметрами модели. Исходные параметры при этом могут не быть стационарными. Если модель адекватна объекту, то те же математические операции над интерпретирующими измерениями должны дать параметр, стационарный в физическом времени. Эти вычисления над результатами измерений можно определить как интерпретацию вторичного параметра.

В современных физических теориях вторичные стационарные параметры играют особую роль. К ним относятся такие характеристики, как энергия, импульс, знак энтропии, пропускная способность каналов связи или транспортных систем и др. В исходных уравнениях теории этих характеристик нет, а их стационарность является теоремой, доказанной из конструкции модели.

Очевидно, что стационарные параметры определяют модель, поскольку в их число входят все конструкты. Но для моделей типа динамических систем имеется более сильная теорема о том, что набор значений вторичных стационарных параметров однозначно определяет траекторию состояния динамической системы, если задана ее конструкция, но не заданы исходные данные (начальное состояние). Этот факт связан с тем, что возможные траектории в пространстве состояний не пересекаются друг с другом, и поэтому существует оператор, переводящий текущее состояние динамической системы в начальное. Значение этого оператора постоянно на всей траектории (стационарно). Однако возможны и другие системы стационарных параметров, определяющих траекторию.

В семантических интерпретациях математических теорий стационарным параметрам часто придают смысл материальных объектов, входящих в состав моделируемых процессов. Это вызвано аналогией со стабильно существующими физическими телами на бытовом уровне. Однако

такие аналогии опасны и могут порождать ложные представления о явлении и о мире в целом. Математическому стационару может не соответствовать никакой реальной субстанции. Например, кинетическая энергия при упругих взаимодействиях сохраняется, но ее величина зависит от выбора инерциальной системы отсчета. А в неинерциальных системах она вообще не сохраняется. Иными словами, эта характеристика определяет не физическую систему, а способ наблюдения за ней.

Факт стационарности параметра модели называется законом сохранения соответствующей величины. Нарушение закона сохранения в реальных измерениях является достоверным сигналом неадекватности модели и процесса. Важно, что стационарные параметры противостоят необратимости времени, поскольку их значение обладает повторяемостью и воспроизводимостью.

5. Равномерность хода часов

Понятие равномерности хода времени относится к числу самых загадочных в современной картине мира. Равномерность всех остальных процессов определяется относительно хода времени. Относительно чего оценивать равномерность хода часов как физической меры времени? Реально эту задачу нельзя решить без математической модели. Модель устанавливает связь времени с другими параметрами выбранных процессов. Часы следует признать равномерными, если эта же математическая связь присутствует и на измеренных параметрах, включая время. Таким образом, понятие равномерности хода часов не абсолютно, а связано с выбранной системой тестовых процессов и с их математической моделью.

Приведем несколько примеров.

Равномерность атомных часов соответствует математической гипотезе о статистической независимости процесса распадов атомных ядер в массе изотопа. Эта гипотеза для конкретного образца может быть проверена с большой точностью.

В модели ОТО равномерность движения пробного тела относительно тела отсчета можно проверить, убедившись в локальном совпадении гравитационно-инерционных полей в окрестности этих тел, если они находятся на малом

расстоянии друг от друга по сравнению с расстояниями до больших гравитирующих объектов. Если при этом реальные часы дают постоянную относительную скорость пробного тела, то их ход можно признать равномерным.

В модели квантовой механики можно требовать неизменности частоты излучения в пространстве, где нет взаимодействий данного излучения.

В модели специальной теории относительности естественно проверять постоянство скорости света, зафиксировав длину пробега фронта волны.

Наконец, можно использовать тест по нескольким теориям. Принцип соответствия, используемый при построении новых общих теорий, дает некоторые гарантии, что такие тесты могут совместно дать положительный результат. Но говорить об абсолютной равномерности хода часов это не дает оснований.

6. Типы моделей времени

Все известные математические модели времени рассматривают время в связи с некоторыми процессами. Поэтому о конструкции времени можно говорить только как о части конструкции некоторого процесса. С другой стороны, сам этот процесс можно рассматривать как референт времени для моделирования других процессов, где время будет выступать уже как внешний параметр, определенный через референтный процесс. Это означает, что модель любого другого процесса будет строиться как модель совместного протекания двух процессов, один из которых определяет ход времени.

Референтный процесс обычно не является моделью измерения времени, но позволяет ввести часы как некоторый процесс с числовым выходом, который взаимодействует с референтным процессом. С физической точки зрения часы – это стандартная изменчивость, альтернативные состояния которой используются для описания моментов времени всех других изменений. При этом требуется процедура установления одновременности состояния часов и состояний других процессов.

Нужно заметить, что такой взгляд на время характерен именно для математики. Представители других наук,

искусств и философии обычно отводят времени роль первичной сущности, наделяя ее качествами прямого действия на все явления, вызывающего развитие, разрушение, рождение и т. п.

К этому взгляду на проблему ближе всего модель времени в форме числового параметра, связанного с каждым процессом как аргумент или входное воздействие соответствующей математической модели. В таких моделях (параметрический тип) у времени есть две функции: линейно упорядочить изменчивость каждого моделируемого объекта и синхронизировать между собой разные процессы путем формальной одновременности состояний или заданного запаздывания. Параметрическое время широко распространено в теории и инженерных расчетах. Вопрос о его интерпретации решается выбором единых часов для всех процессов. Это не вызывает затруднений, если время распространения сигнала между местом расположения реальных эталонных часов и областью протекания моделируемых процессов пренебрежимо мало. В условиях планеты Земля это условие, как правило, выполнено. По той же причине первая механика Галилея–Ньютона основана на параметрическом времени.

При изучении процессов микромира приходится учитывать очень малые времена и большие скорости движения относительно системы отсчета экспериментальной установки. В этих условиях, несмотря на малые расстояния, скорость распространения сигнала иногда оказывается существенной. Поэтому квантовая механика существует в двух видах: с базированием на классической механике с параметрическим временем и с базированием на релятивистской механике с геометрической моделью времени.

Геометрическая модель времени сегодня тоже может рассматриваться как классика для случая распространения взаимодействий через физический вакуум. В основе этой модели лежит инвариантность некоторых свойств физического вакуума относительно системы отсчета экспериментальной установки. В начале XX века было показано, что эти инварианты имеют геометрическую природу и связаны с выходом в четвертое измерение. Модель времени при этом радикально изменилась. Референтом времени стала не числовая ось, а сектор четырехмерного пространства (получив-

шего название «пространство-время»). В этом секторе каждая система отсчета представлена своей линией (мировая линия), длина отрезка (дуги) которой определяет длительность процесса, у которого начало и окончание проектируются на концы этого отрезка. Поэтому в разных системах отсчета один процесс может иметь разную длительность. Сама длина отрезка времени измеряется в особой метрике Римана–Минковского. Это связано с необходимостью обеспечить инвариантность метрики при тех преобразованиях пространства, которые обеспечивают инвариантность свойств физического вакуума. Наиболее известным из таких инвариантов является скорость распространения сигнала (скорость света). Другое принципиальное свойство – сохранение типа уравнений процесса распространения (как конструкта модели) во всех системах отсчета. Наконец, обеспечивается локальная эквивалентность гравитационных и инерционных сил во всех системах отсчета (с точки зрения взаимодействия со всеми видами полей).

В геометрической модели времени, так же как и в параметрической, не рассматривается вопрос о направлении хода времени. Прошлое и будущее равноправны. Но в отличие от параметрической модели, само прошлое и будущее носит частично абсолютный, а частично относительный характер. Геометрические точки интерпретируются как физические события, от которых распространяется сигнал в будущее. Точка (событие) находится относительно тела отсчета в абсолютном прошлом, если тело отсчета уже получило от нее сигнал. Точки, от которых сигнал только еще будет получен, находятся в относительной одновременности, которая для некоторых систем отсчета (с тем же началом отсчета) соответствует будущему, а для других – прошлому или настоящему. Это связано с множественностью возможных линий времени, проходящих через одну точку, на каждую из которых наблюдаемая точка-событие имеет свою уникальную проекцию. Но направление в будущее выбирается произвольно и одинаково во всех точках. Это фактически дополнительная аксиома теории относительности.

Кроме указанных классических моделей, сегодня проходят апробацию различные модели особых конструкций, в которых аксиомы классических теорий становятся теоремами общего или ограниченного характера. Главная цель

таких моделей – сделать понятной природу неочевидных свойств физического времени, используемых в качестве классических постулатов.

Прежде всего отметим модели комбинаторного типа, где в качестве референта времени выступает изменчивость некоторого процесса, а мерой времени является число событий изменения состояний, соответствующих процессу. Свойства времени при этом выводятся из свойств референтного процесса. Выделим следующие типы референтных процессов.

Циклические процессы, состояния которых меняются в установленном циклическом порядке. Эти модели объясняют свойство равномерности и однородности времени.

Процессы накопления, состояния которых связаны с количеством каких-то элементов, способных только накапливаться. Это объясняет необратимость времени.

Процессы потока, в которых также используется субстанция, имеющая количественную меру, но, в отличие от процессов накопления, она может как нарастать, так и убывать. Мерой времени здесь служит сумма абсолютных величин изменения количества субстанции, что также обеспечивает необратимость на уровне часов. Такие модели удобны для описания эволюции некоторой системы. Время в них имеет абсолютную меру, не зависящую от наблюдателя. В таких моделях удастся получать качественные описания механических процессов классического (не релятивистского) типа.

Процессы изменения геометрических конфигураций. Состояние представлено некоторой геометрической конфигурацией, например расположением в пространстве какого-то числа точек. Изменчивость означает смену конфигурации (например, перенос точек в другие координаты). Вводится мера изменения, и время измеряется суммой мер последовательных изменений. Сама последовательность состояний постулируется. В таких моделях удастся определить различные системы отсчета, связанные с разными фрагментами конфигурации состояния (например, с подмножеством перемещаемых точек). Связь пространства и времени позволяет получить некоторые эффекты релятивистских теорий. Фактически здесь время вводится через обычное конфигурационное пространство и его изменчивость.

Кроме моделей комбинаторного типа, распространены событийные модели, где процесс генерации событий не описывается, но вводится способ расчета времени по набору зарегистрированных событий. Это фактически статистическое моделирование времени, тяготеющее к прямой эмпирике наблюдений. В этих моделях, естественно, возникает понятие наблюдателя и связь между различными отсчетами времени. Однако, по определению, такие модели приспособлены только для обработки конкретных наблюдений, заменяющих отсутствие внутреннего теоретического описания изменчивости. Способы отсчета времени связаны с системой распознавания и регистрации событий. Кроме того, они предполагают определение численной меры прошедшего времени. Различные методики могут дать несовпадающие результаты, но в этом нет логического противоречия, поскольку разные результаты интерпретируются в разных моделях. Тем не менее практически иногда возникают споры на основе представлений об истинном ходе времени.

Большое значение в статистической модели времени имеет способ определения причинной связи событий. При некоторых системах определений допускается возможность обратимости времени в форме противоположных направлений распространения влияния событий друг на друга. Это свойство допускает эмпирическую проверку. Остается открытым вопрос, насколько статистическая обратимость времени соответствует его физической обратимости, а в какой мере это – эффект размытой периодичности наблюдаемых процессов.

7. Проблема обратимости времени

Вернемся к тому свойству времени, с которого начался этот обзор. Невозможность воспроизвести прошедшие моменты времени, ставшая главной причиной изучения времени как математического понятия, является чисто эмпирическим фактом. Ни одна из моделей времени не дает доказательного объяснения этому факту.

Имеется статистическое обоснование этого явления на основе математического аппарата волновых функций в релятивистской квантовой механике. Изменение знака времени в уравнении волны приводит к уменьшению плотности

вероятности появления частицы. Иными словами, частицы движутся в будущее с большей вероятностью, чем в прошлое, а для больших макроскопических ансамблей взаимодействующих частиц вероятность сдвига в прошлое с сохранением структуры взаимодействий фактически обнуляется. Можно сказать, что движение в будущее суть результат интерференции на квантовом уровне. Однако точно так же можно записать уравнение, дающее движение в прошлое. Вопрос, почему действует только одно из двух возможных уравнений волнового движения, остается открытым.

Это же относится и к уравнениям диффузии, также имеющим асимметрию во времени: в будущее идет рост дисперсии состояния, а в прошлое – убывание. Этот эффект известен как рост энтропии. Но аналогичные уравнения можно записать и в обратную сторону по времени. Их действие относительно процессов, идущих в будущее, будет похоже на гравитацию с нарастанием зон концентрации и разрежения энергии.

Имеется модель топологической структуры вакуума, в которой все влияния могут идти по времени только в одном направлении. Это достигается заданием несимметричных окрестностей точек-событий в пространстве-времени. Но направление асимметрии можно задать и противоположным образом.

Отсутствие строгой теоретической необходимости односторонности течения времени порождает гипотезу о возможности его спонтанного или искусственного поворота в локальной области. Работает принцип о возможности любых явлений, которые не запрещены законами природы. Если такие спонтанные локальные повороты времени имеют место, то возникающие циклы должны наблюдаться макроскопически в форме квантования волны в свободном пространстве. Этого требуют условия согласования волновой функции в точке склейки прямого и обратного потока. Возможно, с такими эффектами связаны явления поляризации вакуума. Можно ставить вопрос о поиске кратковременных спонтанных расщеплений свободной волны на дискретные энергетические уровни. Это могло бы означать прохождение зоны измерения через петлю времени.

Наличие преимущественного направления времени в наблюдаемом Мировом можно объяснить моделью Большого

взрыва, в котором родилась вся свободная энергия Вселенной. Сама теория Большого взрыва возникла как допустимое решение уравнений общей теории относительности в геометрической модели времени. В этом решении время (точнее, его метрика) само возникает вместе с энергией. Тогда частицы с разным направлением времени за короткое время разошлись по оси прошлое-будущее, и для каждого сорта частиц наблюдаемыми оказались только «попутчики» по времени. Такая теория имеет то преимущество, что не настаивает на однонаправленности времени, а рассматривает его как эффект самонаблюдения материи: любой наблюдатель состоит из частиц, аналогичных частицам в пространственно-временной зоне наблюдения. Таким образом, наблюдаемая направленность времени может оказаться антропогенным явлением.

8. Математика и эмпирика

Разнообразие математических моделей времени отражает, с одной стороны, богатство фантазии исследователей, но, с другой стороны, основано на верификации каждой новой идеи в каком-то классе экспериментальных ситуаций. Выбор модели всегда связан с классом реальных процессов, интересующих исследователя.

Для некоторых совокупностей теорий действует принцип соответствия: они получаются друг из друга изменением значения некоторых стационарных параметров. Например, переход к параметрическому времени от геометрического получается путем устремления скорости света к бесконечности. Интересно, что обратный переход таким образом получить нельзя: ограничение скорости света в механике Ньютона не дает релятивизма. А принцип инвариантности скорости света с ней логически несовместим. Похожая ситуация и с соответствием квантовой механики другим механикам. Устремление постоянной Планка к нулю дает, в зависимости от других аксиом, либо релятивистскую, либо ньютоновскую механику. Но в этих механиках нет параметра, соответствующего такой постоянной, и обратный переход невозможен. Тем не менее каждая из указанных математических моделей имеет область хорошей эмпирической верификации.

В строгом смысле нельзя говорить о проверке теории относительности или квантовой механики в зоне макроскопических процессов, где проверена механика Ньютона. Расхождения между теориями в этом классе экспериментов выходят за рамки точности измерений. Это тонкая ситуация, когда опыт подтверждает все теории сразу, хотя они логически несовместимы. Такое положение вещей не редкость в прикладной математике. Обычно верной считается та теория, зона верификации которой шире. Но это не дает гарантии, что в будущем не возникнет еще более верная теория (в том же смысле).

Иногда используется совокупность теорий, которые экспериментально подтверждены в разных областях и согласованы на их пересечении. Если эти области не вложены одна в другую, то нельзя выбрать «более верную» теорию. Тогда начинается поиск модели, обобщающей всю эту совокупность. Именно так возникла задача поиска единой теории поля в физике. Но эта ситуация нередко возникает и в более частных исследованиях. Для некоторых естественных и технических наук она даже характерна.

В любом случае создание количественной или логической теории объектов, обладающих изменчивостью, неизбежно приводит к некоторой математической модели времени. Но она далеко не всегда однозначно определена опытом.

9. О библиографии

Характер данной статьи, посвященной анализу принципов моделирования времени, а не обзору конкретных моделей, не позволяет дать полные ссылки на литературу по каждому разделу. Приведенная библиография содержит некоторые работы, написанные в достаточно популярной манере, не рассчитанной на узких специалистов, и отражающие основные принципы, затронутые в данном эссе. Общей методологии построения современных физических теорий посвящены работы Р. Фейнмана (1987), А. Эйнштейна (1965), Ю.С. Владимирова (1996, 2003). Основы математического языка анализируются в статьях А.В. Коганова (2001, 2003). С геометрической интерпретацией времени можно познакомиться в работах Р.И. Пименова

(1991, 1996), Д.-Э. Либшера (1980). Разные подходы к моделированию времени приведены у А.Д. Чернина (1987), А.П. Левича (1996а, б), В.В. Аристова (1996), А.В. Коганова (2002).

ЛИТЕРАТУРА

Аристов В.В. Реляционная статистическая модель часов и описание физических свойств времени // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 9–28.

Владимиров Ю.С. Бинарная геометрофизика // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 29–47.

Владимиров Ю.С. Метафизика. М., 2003.

Коганов А.В. Эталонные основы математического языка // Интегральная геометрия. Математические модели. Понимание изображений. М.: НИИСИ РАН, 2001. С. 52–80.

Коганов А.В. Время как объект науки // Мир измерений. № 2–3, 2002. С. 18–22.

Коганов А.В. Эмпирико-эталонные основы математических теорий // Математика и опыт. М.: Изд-во МГУ, 2003. С. 317–340.

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. М.: Изд-во МГУ, 1996а. С. 235–288.

Левич А.П. Мотивы и задачи изучения времени // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во МГУ, 1996б. С. 9–28.

Либшер Д.Э. Теория относительности с циркулем и линейкой. М.: Мир, 1980. 149 с. Перевод с: *Liebsher D.-E. Relativitätstheorie mit Zirkel und Linien. Akademie-Verlag. Berlin, 1977.*

Пименов Р.И. Основы теории темпорального универсума. Сыктывкар: Уральское отд. АН СССР, 1991.

Пименов Р.И. Математические темпоральные конструкции // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 153–179.

Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Наука, 1987, 159 с.

Чернин А.Д. Физика времени. М.: Наука, 1987, 221 с.

Эйнштейн А. Физика и реальность. М.: Наука, 1965, 359 с.

ГЛАВА IV

Дмитрий А. Клеопов

Философский факультет
Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова,
dkleopov@mail.ru

Изучение феномена времени как основа междисциплинарного диалога*

В данной работе обсуждается изучение феномена времени в качестве поля для совместной деятельности различных наук. Выдвигаются два дополняющих друг друга тезиса. Первый: такого рода совместная научная деятельность на достаточно определенном, хотя и широко очерченном проблемном поле с необходимостью ведет к росту взаимодействия между науками. Рассматриваются формы и границы этого взаимодействия, вызванные им проблемы и новые возможности. Второй тезис: уже наблюдающееся стихийное сближение некоторых наук обусловлено их взаимно независимым возрастанием интереса к феномену времени. Так, с 80-х гг. до настоящего времени наблюдается конвергенция естественных и гуманитарных наук (по преимуществу речь идет об истории и физике), проводником которой является синергетика. Анализ когнитивных процессов и структур приводит к тезису о нарративизации знания как о всеобщем, происходящем в той или иной степени во всех областях знания процессе. Далее оказывается, что время и нарратив с необходимостью должны быть структурированы одинаковым образом. Время (его научный образ, модель, во всяком случае) может быть дано нам исключительно через (научный) нарратив.

Ключевые слова: *междисциплинарность, нарратив, метафора, время, структура, история, физика, синергетика.*

1. Неподдающееся время

Всем, хотя бы поверхностно интересующимся проблемой времени, известны слова Августина: «Что же такое время? Если никто меня об этом не спрашивает, я знаю, что такое время; если бы я захотел объяснить спрашивающему – нет, не знаю». Это высказывание означает не обяза-

* Работа поддержана грантом РГНФ №09-03-00390а.

тельно принципиальную непознаваемость времени, но трудность описания его на языке понятий. Одно из немногих общих утверждений, которое можно высказать о феномене времени с полной уверенностью, заключается как раз во всеобщности этого феномена, его проявления и интереса к нему: от обыденности до фундаментальной науки, от тонких теологических изысканий до не менее тонких воплощений в различных формах искусства.

Высказывание Гегеля о том, что нет науки о времени наряду с наукой о пространстве, с геометрией, не утратило своей актуальности до сих пор. Все попытки такую науку (назовем ее, пусть даже условно, темпорологией) создать наталкиваются на столь значительные трудности, что это позволило одному из самых глубоких современных исследователей природы времени сделать в конце прошлого века достаточно пессимистический вывод. «У Августина нет чистой феноменологии времени, возможно, ее никогда не будет и после него. Под чистой феноменологией я подразумеваю *интуитивное* постижение структуры времени, которое не только может быть отделено от процедур *аргументации*, используемых в феноменологии для разрешения апорий, унаследованных из предшествующей традиции, но и не расплачивается за свои открытия новыми, более дорогостоящими апориями. Мой тезис состоит в том, что подлинные находки феноменологии времени нельзя окончательно избавить от апоретичности... Мы придем к *совершенно кантианскому* тезису, что время нельзя наблюдать непосредственно, что время в сущности своей *неуловимо*. В этом смысле бесконечные апории чистой феноменологии времени станут расплатой за любую попытку *обнаружить само время*» (Рикер, 2000, с. 102).

Что же отличает столь сильно время и науку, даже сильнее: саму *возможность науки* о нем и другие предметы науки, такие как материя, особо – живую материя, энергию, пространство? Последнее вообще часто воспринимается как коррелят, нечто «парное» ко времени, однако сама проблематичность существования темпорологии в сравнении с геометрией наглядно показывает отсутствие когнитивного равноправия между пространством и временем. Мы не претендуем на исчерпывающее решение вопроса об отличии времени как объекта науки от других такого рода объек-

тов, поскольку это предполагало бы то, что только еще, возможно, предстоит – создание науки о времени. Однако возьмем на себя смелость указать некоторые, наверняка не все, отличительные черты времени как научного объекта.

Начнем с вопроса, как и почему что-либо становится объектом интереса науки? Согласно классически марксистским и шире – позитивистским представлениям, наука и техника выросли из практических потребностей людей. Мы не будем обсуждать вопрос, насколько это верно. Отметим только, что такое представление имело и имеет множество сторонников, выдвигающих множество аргументов в защиту данного тезиса. Отметим также, что марксизм и позитивизм сами являются продуктами (причем достаточно поздними) того, что может быть названо западной культурой, к которой принадлежит и современная наука. Застраховавшись таким способом, мы можем утверждать, что высказанный тезис является саморефлексией культуры и науки, и в этом смысле вообще не может быть ошибочным. В конце концов мы можем понимать практику весьма широко, как любое взаимодействие человека с материальным миром, предполагающее определенную активность человека. Последнее добавление представляется весьма важным. По известному высказыванию одного из признанных родоначальников современной науки, лорда Ф. Бэкона, «знание – сила» (хотя, пожалуй, правильнее было бы перевести «знание – власть»). Эти слова, сказанные, кстати, задолго до возникновения марксизма и позитивизма, вполне определяют позицию познающего, ученого в отношении познаваемого мира. Развитие этого подхода привело к возникновению корпуса естественных экспериментальных наук, в конечном счете оно породило и позитивизм как один из этапов своего развития.

На этом мы прекратим историко-научный экскурс, поскольку считаем, что достаточно обосновали наше право рассматривать в качестве критерия классификации объектов науки их отношение к человеческой практике, точнее, к той составляющей этой практики, которая была нами условно обозначена как человеческая активность. И тут мы видим, насколько особняком стоит время от всех других объектов. Можно с уверенностью утверждать, что ничто не поддается человеку столь слабо, как время. Это может быть

легко замечено на основе сравнения с упоминавшимся «ближайшим соседом» времени, пространством. Человек не способен даже к простому перемещению во времени по собственной воле, единственно в его власти – относительное замедление течения времени, являющееся одним из следствий теории относительности, созданной менее ста лет назад. Кстати, эксперимент по обнаружению «эффекта близнецов» можно считать, пожалуй, единственным непосредственным научным экспериментом со временем.

Разумеется, можно сказать, что время наряду с пространством и материей присутствует в любых экспериментах и вообще во всем, о чем научно или ненаучно мы можем говорить. Но оно присутствует как *данность*, а не как объект нашего воздействия, активности. Если уж говорить об активности, власти, воздействии, то скорее мы являемся объектами воздействия со стороны времени. Таким образом, время оказывается крайне неудобным, почти невозможным объектом для науки Нового времени, классической науки. Это (возможно, лишь отчасти) объясняет то, что называют элиминацией времени, сведением его к структуре, пространственно-подобной координате и т. п. Вообще говоря, проблема «человек и время» явно лежит глубже горизонта любой отдельной науки и также их совокупности, это ощущали все, занимавшиеся этой проблемой. Молчанов (1990) говорит о том, что «во времени исчезает все, и исчезает без следа, и что в этом-то и состоит подлинная сущность времени». Время здесь – явный вызов человеку как таковому, человеку вообще. И поэтому здесь теряются как несущественные различия между естественными и гуманитарными науками и вообще между родами занятия людей. «Отрицание времени было искушением и для Эйнштейна, ученого, и для Борхеса, поэта. Оно отвечало глубокой экзистенциальной потребности» (Пригожин, Стенгерс, 1999, с. 260).

Теперь уже не представляется странным, что наиболее глубокие прозрения о сущности и природе времени принадлежат не ученым-естественникам, а богословам, философам (Аристотель, Августин, Кант, Гуссерль, Хайдеггер...) – тем, кто имеет опыт интеллектуальной работы с предельным, неподдающимся. Ясно также, что наука «как она есть» не может сделать время своим объектом «как оно

есть». До сих пор происходила, как уже говорилось, редукция времени к удобной для науки форме. С какого-то момента (можно этот момент конкретизировать: 70–80-е гг. XX века) это перестало устраивать самих ученых. Для того чтобы приблизиться ко времени «как оно есть», должны измениться сами науки, очевидно, на уровне базовых методологических принципов. Очевидно, одно из таких изменений – преодоление дифференциации наук как минимум до уровня частичного взаимопонимания, необходимого для изучения таких феноменов, как время, выходящих за рамки отдельно взятой науки.

2. Критический плюрализм как метод междисциплинарных исследований

Мы говорим о междисциплинарном характере исследований феномена времени, поскольку только они могут быть адекватны широте, всеобщности, общезначимости этого феномена. При этом в слове *междисциплинарность* хотелось бы особо подчеркнуть его происхождение от термина *дисциплина*, это подчеркивание и так очевидного связано с необходимостью внести в предполагаемый многосторонний диалог дисциплину и строгость, без которых более чем вероятно его сползание в эклектику и непродуктивный хаос. Ясно и без доказательств также, что всестороннее исследование времени не может быть простой аддитивной суммой высказываний, наблюдений, теорий времени. Такое собрание не сопоставимых друг с другом сведений имело бы в лучшем случае архивно-энциклопедическую, но не живую научную ценность.

Для достижения поставленной цели живого научного диалога вся работа должна проводиться в рамках единой концепции. Обозначим ее вслед за французским историком П. Рикером как «критический плюрализм, который, признавая разные точки зрения, не считает их все одинаково обоснованными» (Рикер, 2000, с. 140). Это концепция, в основе которой лежит *научный метод*, но не в качестве ограничительных рамок, (нео)позитивистского «критерия научности», а в качестве основы, языка вышеупомянутого диалога. Лишь этот метод способен дать разношерстным высказываниям общую меру, дифференцируя их по степе-

ни обоснованности и учитывая при этом, что в разных областях человеческой деятельности существуют разные представления об обосновании. Применительно к диалогу научный метод верификации/фальсификации трансформируется в критерий *понятности* сказанного для других наук. Далее мы уточним, какой смысл вкладывается в эту модификацию научного метода, каким путем может быть достигнуто специфически научное взаимопонимание и насколько оно отличается (если отличается) от взаимопонимания в общепринятом смысле этого слова.

Здесь в нашей работе естественным образом возникает участок, почти в точности совпадающий с проблемным полем философии, во всяком случае в формулировке Витгенштейна: «Философия не является одной из наук. (Слово «философия» должно означать нечто, стоящее под или над, но не рядом с науками.) Цель философии – логическое прояснение мыслей... Философская работа, по существу, состоит из разъяснений» (1994б, с. 130). То есть философия служит не приращению, а прояснению уже существующего знания. Это кажется весьма похожим на уже упоминавшийся позитивистский и диалектико-материалистический подход к философии науки как к некоторой обобщающей и координирующей инстанции. Но не более, чем кажется. «Философ лечит вопрос как болезнь» (Витгенштейн, 1994б, с. 174). Исцеление как возвращение целостности картине мира, раздробленной на мозаику различных наук, – тема неоригинальная, она существует, пожалуй, ровно столько же, сколько и дифференциация наук.

Но именно философия способна показать ближайшее и давно известное в новом аспекте спонтанно, исходя из наличного, а не из вновь открываемых фактов, что отличает ее от «положительного знания». Философия всегда имела дело с «целым» мира, целое для нее «первое», раньше, чем его дифференциация и специализация. Это отнюдь не гарантирует того, что сама она является цельным и непротиворечивым знанием. Философские системы, пытающиеся объять целое, не свободны даже от внутренних противоречий и неразрешимых проблем, ни одна из них не обладает безусловной убедительностью. Можно сказать, что самым способом существования философии явля-

ется перманентный кризис. «Философская проблема имеет форму: «Я в тупике» (Витгенштейн, 1994б, с. 130).

Кроме того, философия всегда имела дело с такими предельными, не поддающимися окончательному определению, выражению в логике понятий, объектами, как мир, бытие, сущность, время... Уже говорилось вскользь, что для понимания сущности времени философы и богословы сделали, по крайней мере, не меньше, чем ученые-естествоиспытатели. Если же говорить более конкретно, то возрастание интереса частных наук к феномену времени и их рефлексия на использование понятия времени в собственных построениях датируются концом XX века. Это время иногда называют постнеклассической наукой. Но сопоставимый с этим философский интерес ко времени, приведший к возникновению принципиально новых форм философствования (или являвшийся их симптомом), датируется началом того же века (прежде всего, он связан с именами Гуссерля и Хайдеггера). Таким образом, если мы хотим говорить о проясняющей и упорядочивающей роли философии по отношению к наукам, то придется признать, что в определенных случаях, в частности в случае проблемы времени, это будет опережающее прояснение.

В подтверждение этого сформулируем спорный, но все же обоснованный тезис об особой роли времени в создании целостной картины мира. Мы говорили о том, что время весьма слабо поддается нашей активности, напротив, само проявляет активность в отношении нас и всего сущего. Существовать – значит существовать в пространстве и во времени, это общее место, однако между ними нет, как уже говорилось, полного равноправия. Если мир как целое неаддитивен, если он не сводится к простой сумме своих частей, с чем вряд ли кто-то станет спорить, то должна существовать некая координация между этими частями. Мир как целое должен оказывать координирующее влияние на свои части, и среди всех известных нам претендентов на роль подобного «агента влияния» наилучшим кандидатом, на наш взгляд, является время. Поэтому именно изучение времени во всех его аспектах наиболее перспективно для создания единой и связной картины мира. Подчеркнем тот и без того ясный факт, что данный тезис является не научным, а *метафизическим*. Он не может быть фальсифи-

цирован, следовательно, не обладает позитивной научной ценностью, но обладает, надеемся, положительной эвристической ценностью, указывая наилучший путь поиска гносеологического единства.

Сказанное, однако, не нужно понимать так, что частным наукам надо брать пример с философии, которая целостность не утрачивала. Кроме того, отказ от собственного метода частными науками означал бы, скорее всего, просто исчезновение данных наук. Приходить к взаимопониманию надо с собственным багажом и собственными силами. Роль же философии видится здесь следующим образом. Поскольку философия не является одной из наук в числе прочих, ее багаж (понятия, методологические ходы, языковые модули и т. д.) может использоваться другими науками в качестве общеприемлемого и относительно нейтрального, не нагруженного частнонаучной спецификой. К тому же накопленный философией опыт критики языка (Витгенштейн (1994а, с. 19) даже утверждал, что «вся философия – это «критика языка», в том числе процедур понимания и объяснения, что делает ее помощь в анализе языка диалога незаменимой.

На этом мы заканчиваем метафизическую вводную часть, пролегомены к возможной науке темпорологии, и приступаем к более конкретным задачам. Мы не можем поставить себе напрямую задачу определения характерных черт самой темпорологии (ее еще нет и, возможно, не будет). Но мы можем попробовать обнаружить и артикулировать изменения в когнитивной стратегии существующих наук, пытающихся по-новому включить время в свою картину мира. Эта же работа посвящена еще более ограниченной проблеме взаимодействия и взаимовлияния наук при изучении времени.

3. Способы и пути интеграции знания

3.1. Метафора и нарратив

Начнем с возможных способов интеграции знания. Их, на наш взгляд, два. Первый – возникновение гносеологических метафор – «сквозных» научных понятий и прин-

ципов, употребляемых более чем в одной науке. Второй – нарративизация научного дискурса, постепенная трансформация его из формально-логической структуры в своего рода рассказ, пусть и специального вида. Эти два способа тесно связаны между собой, но все же друг к другу не сводятся. Поясним подробнее.

Томас Кун (2003, с. 44) называет как один из определяющих факторов перехода от преднауки к собственно науке момент, когда научные достижения перестают излагаться учеными в форме, доступной «всякому, кто заинтересуется предметом их исследования. Вместо этого они, как правило, выходят в свет в виде коротких статей, предназначенных только для коллег-профессионалов». Ясно, что когда ученый общается с коллегами, то он сжимает информацию, говорит только «новое»: какой смысл повторять заведомо известное собеседникам background knowledge, фоновое знание, которое на всех одно.

Допустим, ученый решил снизойти до общения с дилетантами или с представителями наук, далеких от его собственной. Реальные примеры таких сошествий с высот (или подъема из глубин) узкой специализации – общение с чиновниками от науки, участие в межотраслевых и междисциплинарных конференциях. Как будет происходить подобного рода общение носителя определенной научной парадигмы, ученого более или менее узкой специализации с людьми, таковыми не являющимися? Можно представить себе два полярных варианта: ученый будет сам редуцировать специальные термины и другие нетривиальные (по Куну – эзотерические) места собственного изложения, стараясь сделать его максимально понятным, пусть даже в ущерб строгости. Второй вариант – он будет говорить (почти) как с профессионалами, возлагая (почти) всю тяжесть понимания на собеседников. Ясно, что реальная ситуация окажется где-то между этими полюсами. (Отметим в скобках, что представителя другой науки нельзя приравнять к дилетанту. Последний может, воспринимая новый термин или тезис, ограничиться смутным интуитивным полужнанием, полупониманием. Первый будет стремиться присвоить иное знание, интегрировать его в свою науку, свою картину мира с присущей собственной науке строгостью. Междисциплинарный диалог – это

диалог профессиональных ученых, стремящихся к такой интеграции знания через присвоение.)

Итак, что будет происходить с идеями, терминами, специальными положениями частной научной области, покинувшими свой узкий контекст и перенесенных в контекст другой науки и даже шире – в общенаучную или общекультурную среду? Мы предлагаем для таких «перенесенных» понятий использовать (пусть пока только в качестве рабочего) термин *гносеологическая*, или *когнитивная*, *метафора*, что полностью соответствует первоначальному значению слова «метафора»: перенос.

Известно, что экспериментальный факт, научное понятие существуют только в контексте теории, последняя – в контексте парадигмы или исследовательской программы. Однако это касается только их точного (а никакого другого в науке быть, по устоявшимся понятиям, не должно) смысла, придаваемого им данной конкретной наукой. Будучи перенесены в иную среду, теории и понятия приобретают иной смысл, не совпадающий с исходным, подобно тому, как метафорическое употребление слова не совпадает с его прямым употреблением. Суть гносеологической метафоры почти исчерпывающе выражена С. Хамфризом: «Метафоры образуют ядро моделей реальности. В метафоре упорядоченная и умопостигаемая форма, выделенная в одной совокупности явлений, переносится на другую совокупность; тем самым метафоры указывают структуру – систему категорий и закономерных связей – в этом втором сегменте реальности» (Humphreys, 1980, p. 15).

Но такой перенос не происходит сам собой, автоматически и однозначно, подобно действию законов природы в классической картине мира. Он должен быть произведен кем-то, обладающим свободной волей, т. е. могущим этот перенос осуществить или не осуществить, сделать это тем или иным способом. На этом уровне происходит включение субъекта в собственную научную картину мира принципиально иным образом, чем в случае известных «эффектов наблюдателя» в теории относительности или квантовой механике, где наблюдатель может быть заменен более или менее сложным прибором. «Метафора – это нечто гораздо большее, чем просто украшение языка или попытка поэтически сказать то, что можно выразить также и буквальным

языком. Если бы метафорическое измерение было устранено из языка, наше представление о мире немедленно распалось бы на несвязанные и трудно обрабатываемые единицы информации. Метафора синтезирует наши знания о мире. Наконец, если бы метафора была бы отброшена, сразу исчезла бы согласованность, которую мы сообщаем миру» (Анкерсмит, 2003, с. 298).

Междисциплинарный диалог – это метафоризация участвующих в нем дисциплин. Причем ученому не обязательно метафоризировать свою тему сознательно. Можно просто говорить о ней с «дальними» – т. е. не с представителями своей науки – и восприятие теми смутно знакомых специальных терминов и проблем будет уже не точным значением последних, но своеобразной метафорой.

Кстати, в настоящее время такого рода метафоры сплошь и рядом возникают в связи с синергетикой. Такие понятия, как «самоорганизация», «хаос», «нестабильность» и т. п., понимаются представителями точных, гуманитарных и социальных наук столь различно, что может возникнуть вопрос, не лучше ли было бы использовать разные термины. Однако предпочитают использовать одни и те же. Нам это представляется еще одним знаком стремления к синтезу знания и одновременно того факта, что синергетика действительно *сейчас* есть «центр кристаллизации» синтетического знания. Мы выделили *сейчас*, поскольку то, что в настоящий момент верно для синергетики, перед этим было верно для других наук и вообще областей человеческой деятельности.

Диалог наук, отчасти стихийный, отчасти целенаправленный, осуществлялся всегда, никогда отдельные науки не были разделены непроницаемой стеной. И всегда этому сопутствовало то, что было нами названо гносеологическими метафорами. Но в разные времена и при разных обстоятельствах диалог этот имел различные формы, его проводниками были различные люди и силы. Так, был достаточно долгий промежуток, когда связь наук осуществлялась исключительно силами отдельных людей, ученых-энциклопедистов (мы говорим о науке в узком смысле, о науке Нового времени). В середине XIX века – возникновение позитивизма, основатели которого О. Конт и Г. Спенсер мечтали о единой системе позитивного знания, синтези-

рующего естественные и совсем недавно возникшие социальные науки. Само название социологии «социальной физикой» можно рассматривать как гносеологическую метафору. В начале XX века – русский Серебряный век, одна из существеннейших черт которого – космизм, поиск «всеединства». Тогда объединяющую (в том числе науки) функцию взяла на себя религия, точнее, религиозная философия. Затем, в середине века, от объединения всего и вся (науки, религии, этики...) перешли к более скромной задаче объединения естественных наук. Возникли общая теория систем и системный анализ, кибернетика. Особняком стоят учения Вернадского и Тейяра де Шардена, явно выходящие за рамки науки. Первое было, по сути, нерелигиозным развитием идей русского космизма, второе – современным наукообразным развитием также религиозной идеи апокатастатиса (спасения всех).

3.2. Синергетика как проводник междисциплинарного знания

На настоящий момент основным проводником междисциплинарного знания, коммуникативным каналом, связывающим отдельные, часто достаточно далекие друг от друга науки, является, безусловно, синергетика. Но это утверждение нуждается в пояснениях. Синергетика существует в двух ипостасях: как в достаточной степени строгая наука, являющаяся развитием некоторых абсолютно новых идей в области физической химии (Брюссельская школа) и теории лазеров (Г. Хакен), и как когнитивный метод, называемый часто «синергетикой второго порядка». Эти ипостаси, как им и положено, существуют неслиянно и нераздельно. Синергетика второго порядка пользуется терминологией и методологическими принципами синергетики-науки, но зачастую употребляет их в столь расширенном, метафорическом, обобщенном смысле, что легче говорить о новых терминах, чем проследивать преемственность. Или же можно говорить вообще уже не о терминах в обычном научном смысле, а о некоторых символах, которые нуждаются в толковании и толкуются, разумеется. Представители разных дисциплин делают это по-разному и с разным результатом.

Заметим, что когнитивный метод синергетики как основы для интернаучного общения отличается от когнитивного метода любой из наук, претендовавших на эту роль до настоящего времени (например, кибернетики или теории систем). Объяснить это можно тем, что синергетика появилась последней из этих наук и некоторым образом учла опыт предшественников, в том числе негативный.

Здесь стоит повторить в развернутом виде известное определение синергетики, принадлежащее Кадомцеву и Данилову (1983). Их статья начинается с цитаты из Л. Мандельштама (1955, с. 11), работавшего в области одного из прямых предшественников синергетики – теории автоколебаний. «Было бы бесплодным педантизмом стараться «точно» определить, какими именно процессами занимается теория колебаний. Важно не это. Важно выделить руководящие идеи, основные общие закономерности. В теории колебаний эти закономерности очень специфичны, очень своеобразны, и их нужно не просто «знать», а они должны войти в плоть и кровь». Далее авторы переносят это на новую науку. «Сказанное в полной мере относится и к X-науке, если под X понимать пока не установившееся название еще не сложившегося окончательно научного направления, занимающегося исследованием процессов самоорганизации и образования, поддержания и распада структур в системах самой различной природы (физических, химических, биологических и т. д.). *Что означает «синергетика»?* Синергетика – лишь одно из возможных, но далеко не единственное значение X» (Кадомцев, Данилов, 1983, с. 1). Это определение обладает весьма высокой общностью, оно легко может быть модифицировано и применено к любой из перечисленных наук, являвшихся в разное время проводниками междисциплинарного знания.

Это определение синергетики может быть повторено и сейчас с определенной оговоркой; сейчас, как я уже говорил, синергетика существует в двух ипостасях, и оно в большей мере касается синергетики как метода, синергетики второго порядка. Из столь относительно долгого периода справедливости определения можно сделать вывод, что дело здесь, *возможно*, не в молодости синергетики, т. е. не в том, что в терминах Куна она все еще преднаука, еще не имеющая единой устоявшейся парадигмы.

А дело в том, что синергетика изначально, с момента возникновения, является неклассической наукой, и проявляется это, в частности, в том, что она не стремится стать парадигмальной наукой. Одно из прямых следствий этого заключается в том, что она в принципе не подчиняется «структуре научных революций» (преднаука – нормальная наука (парадигма) – революция – новая парадигма...), поскольку существует в состоянии перманентной научной революции, и именно этот режим является для нее «рабочим». О степени гибкости научного языка синергетики свидетельствует тот почти курьезный факт, что один из всеми признанных ее родоначальников, И. Пригожин, вообще не употреблял термин «синергетика».

Вышесказанное объясняет, почему язык синергетики весьма привлекателен в качестве междисциплинарного. С одной стороны, этот язык обладает необходимой связностью, определенными «сквозными», могущими быть использованными во многих областях, терминами (открытость, хаос, порядок, когерентность, корреляции...) и методологическими подходами (ориентация на личностное знание, плюрализм описания...), особенно востребованными на данном этапе. С другой – он обладает высокой динамикой, необходимость которой очевидна и для языка отдельной науки, но многократно возрастает, когда речь идет об интеграции наук.

Мы сказали, что, *возможно*, синергетика – неклассическая наука, и говорим об ограниченности ее междисциплинарной роли настоящим временем потому, что вполне допускаем, что у синергетики, в том числе второго порядка, просто затянувшееся детство, и позднее она станет «нормальной наукой», обзаведется собственной парадигмой. Тогда мы сможем дать четкое определение синергетики, и она займет свою частнонаучную нишу. Но тогда, скорее всего, появится другая X-наука, претендующая на роль носителя или катализатора интегрального знания, и все сказанное просто придется несколько видоизменить для этой новой науки. Но в любом случае еще один шаг к интеграции знания под водительством синергетики будет сделан.

4. Междисциплинарные исследования и время: обратная связь

Теперь перейдем к исследованию феномена времени. Какова связь между междисциплинарностью и изучением времени? Первый ответ лежит на поверхности и был дан в самом начале: очевидно, что всеохватность проявления феномена времени требует адекватной ей широты исследований этого феномена всеми имеющимися в распоряжении науки средствами.

Но есть и другая, встречная проблема. Она заключается в обратной связи, влиянии разностороннего изучения времени на междисциплинарность, в смысле – на установление диалога между науками. Метафизическое обоснование выбора изучения феномена времени как основы для интеграции знания, в том числе знания научного, уже было дано. Теперь попробуем дать такое обоснование, не выходя за пределы самого научного знания. Отметим, что призывы к необходимости интеграции, разговоры о губительности для целостности знания специализации наук, более или менее эмоциональные, начали звучать, наверное, с самого момента оформления различных наук.

Разделение наук, хотя и не абсолютное, при этом сохранялось, параллельно шла могучая критика этого разделения. Начиная с шуток самих ученых, что узкий специалист в пределе будет знать все ни о чем, и заканчивая глобальной философской критикой самого западного научного мышления. С критикой было все хорошо, гораздо хуже, как это обычно и бывает, дело обстояло с позитивными программами выхода из создавшегося положения. Подавляющее большинство их страдало и страдает декларативностью, т. е. отсутствием собственно программы объединения знания как таковой. Когда же она все-таки присутствует, то обычно сводится к одному из следующих трех видов.

1. Предлагается еще одна «наука о науках» – наукометрия, например. Этот подход обладает теми же недостатками, что и искусственные языки типа эсперанто или воляпюк¹. Такие языки создаются как надстройка над естественными, поэтому, так сказать, «по построению» не являются ни для кого родными, во всяком случае, на момент создания.

2. Предлагается методы и язык одной из наук (физики, системного анализа, кибернетики...) сделать основными, базовыми для всех других. Возникает естественный ряд вопросов: почему общенаучным должен стать язык той, а не другой науки? Потому, что она сейчас лидирует? А что будет спустя какое-то время? Или будем менять базовый язык вместе со сменой научных приоритетов?

3. Предлагается заменить научное знание целостным мистическим знанием или подчинить первое второму (Генон, например). Этот путь хотя и может представлять определенный интерес, означает лишение науки минимально необходимого суверенитета, то есть ликвидацию науки в современном смысле этого слова, и поэтому далее не рассматривается.

И надо заметить, что все, без исключения, такого рода проекты не снимают еще одной проблемы. Ее, если продолжить уже использовавшуюся аналогию языков науки с естественными языками, можно сформулировать в популярных сейчас терминах (анти)глобализма. Нужен ли нам мир – большая деревня с одним общеупотребительным языком и культурой (скорее всего, *basic American*), или надо все-таки сохранять национальную самобытность? В нашем случае: нужна ли нам единая супернаука, которая вберет в себя до полного поглощения все частные, или же возможно объединение наук без потери ими самобытности, т. е. своих предметов, методов, языков описаний? Ответ, в общем, очевиден. Всякое простое поглощение, нивелировка ведут к тому, что в теории информации называется невосстановимыми потерями. Если продолжать аналогию, для достижения целостности знания нам нужна не нивелировка языков, а хорошие «словари» и методики перевода, позволяющие переводить с одного научного языка на другой.

Известно, что лучшим способом познакомиться и найти общий язык для людей является совместная деятельность. Такие стихийно возникшие для практических потребностей языки, как *lingua franca*² или чинук³, были, пожалуй, распространенней и, во всяком случае, полезней вышеупомянутых искусственных языков. Разумеется, одним из существеннейших недостатков подобных языков является их намного меньшая мощность (в точном, теоре-

тико-множественном смысле) по сравнению с обычными национальными языками. Однако на наш взгляд, мощность языка, во всяком случае языка, возникшего из прагматических потребностей, определяется уровнем этих потребностей.

Возвращаясь от языкового экскурса к проблеме объединения наук, отметим, что мы не знаем, каким путем она может (и может ли вообще) быть разрешена: путем ли безграничной экспансии одной из наук, или путем создания некоей новой интегральной науки, или как-либо иначе. Но в любом случае очевидно, что первым шагом к ее решению должно стать обеспечение взаимопонимания и взаимодействия уже существующих наук. И весьма правдоподобно, что этого легче всего достичь, поставив перед разными науками общую задачу.

При этом мы не считаем, что изучение феномена времени является единственным претендентом на такую задачу и что единственным междисциплинарным языком должен быть язык синергетики. Общими для многих наук задачами являются и изучение феномена жизни, и вопросы, связанные с изучением био- и геосферы (примером являются уже упоминавшиеся теории Вернадского и де Шардена), и многие проблемы, связанные с изучением космоса. А также, безусловно, все сколько-нибудь значимые культурологические и исторические проблемы. Но, во-первых, нельзя объять необъятное. Во всяком случае сразу. Во-вторых, как показывает опыт, все такого рода общие проблемы настолько связаны между собой, что не очень существенно, с какой из них начать.

Мы отдаем себе отчет также в методологических недостатках синергетики второго порядка в настоящее время: эклектичности, недостаточной строгости, терминологической путанице и т. д., ее недостатки суть продолжение достоинств – высокой метафорической нагруженности терминов (или символов) и высокой динамичности языка. Однако ее основополагающие принципы: плюралистический взгляд на мир и его описание; представление о том, что будущее открыто, т. е. не предсказывается, а создается; ориентация на личностное познание и т. д. – представляются если не безусловно верными, то как минимум весьма интересными для дальнейшей разработки. Что же касается

отношения достоинств к недостаткам данного метода, то оно является величиной переменной и поэтому может быть совместными усилиями улучшено.

Теперь об изменениях в методологии наук, в критерии научности, происходящем в настоящее время и сравнимом, на наш взгляд, с теми революционными изменениями, которые связываются с именами Поппера, Куна, Лакатоша, Полани. Нам представляется, что происходящие изменения непосредственно связаны с проблемой времени, но не столько в плане его изучения в науке, сколько с представлением о том, что *есть время для данной науки*.

4.1. История и физика

4.1.1. Дихотомия. Поскольку нельзя объять необъятное, ограничим пока область междисциплинарного диалога двумя науками: историей и физикой. Нам этот выбор представляется оправданным, поскольку эти науки отстоят друг от друга более других и являются своеобразными полюсами, центрами кристаллизации соответственно гуманитарного и естественно-научного знания. К тому же именно такое разделение наиболее отрефлексировано в истории и философии современной науки, оно берет начало с середины XIX века, благодаря классическому разделению научного знания на науки о духе и о природе, проведенному двумя Вильгельмами – Дильтеем и Виндельбаном. Так, Дильтей разделял науки по предмету: о природе и о духе, коим соответствует понимание и объяснение, но не жесткое разделение, он искал их общий базис в психологии, антропологии, герменевтике, в попытках разрешить вопрос о соотношении общезначимости и индивидуальности. Виндельбанд, как это часто бывает с последователями или критиками, упростил исходную мысль, радикализовав ее, сведя к одной из заложенных в ней возможностей развития. Он разделил науки уже не только по предмету, но и по методу на номотетические (подводящие все явления мира под общие законы) и идеографические (описывающие явления в их единичности и неповторимости). Общее несоизмеримо с индивидуальным, следовательно, и две ветви наук не могут иметь между собой ничего общего, что означает принципиальную невозможность диалога между ними.

Какое-то время, примерно до второй половины XX в., это разделение в общем и целом было справедливым. Но затем наметилось определенное движение указанных наук навстречу друг другу, и это движение захватывало как методологию, так и предметные области. С одной стороны, некоторые методы и представления, ранее присущие исключительно истории, стали внедряться в естествознание. Происходило это в основном благодаря синергетике Брюссельской школы. Об этом имеют представление все, читавшие Пригожина с соавторами: последние часто употребляют слова *история*, *исторический метод* (ясно, что *история* глазами физика отличается от *истории* историка, что здесь мы вновь имеем дело с гносеологической метафорой, многозначным словом). Так, Пригожин (1989, с. 11) говорит о «трех минимальных условиях, которым отвечает любая история: необратимость, вероятность, возможность появления новых связей. Для того, чтобы имело смысл говорить об истории, необходимо вообразить, что то, что имело место, могло бы и не произойти, необходимо, чтобы события вероятные играли бы неустранимую роль... С точки зрения идеала детерминизма, само понятие истории лишено смысла. Движения небесных тел не имеют истории, поэтому мы можем вычислить затмение независимо от того, было ли оно в прошлом или предстоит в будущем... Но череда случайностей тем более не история. Также необходимо, чтобы некоторые из этих событий были в состоянии дать дорогу возможностям, условием которых они являются. Но, конечно, без того, чтобы они объясняли эти возможности». Под историей здесь понимается некоторый уникальный ряд событий, происшедших с системой и наблюдателем и формирующий неповторимую индивидуальность как каждого из них, так и познавательного процесса-взаимодействия между ними.

Вообще-то, что касается ассимиляции истории и ее методов естествознанием, более или менее известно благодаря популярности синергетики. Меньше известно в научном сообществе, и оно проявляет меньший интерес к встречному движению исторических наук в направлении областей, которые ранее представляли интерес исключительно для наук естественных. Прежде чем продолжить, предупрежу, что автор также не является специалистом в области мето-

дологии и философии истории, поэтому все в его изложении, касающееся этой области, основывается на относительно небольшом числе работ. Преимущественно это произведения Рикера, Арона, Анкерсмита.

Итак, какого рода происходит движение к конвергенции со стороны естественных наук, мы уже примерно представляем благодаря приведенной цитате из Пригожина. Статья, из которой она взята, называется «Переоткрытие времени». Проблематика времени в синергетике, во всяком случае у Брюссельской школы, явно находится на одном из первых мест. Если теперь мы проанализируем хотя бы просто названия книг и статей современных историков и философов истории, по преимуществу французских, то увидим, что чаще всего в них повторяются, кроме слова *история*, разумеется, слова *наррация* (*нарратив*, *рассказ*) и *время*. Рикер (2000) связал их: «*Время и рассказ*». То есть проблема времени, его описания и восприятия выходит также на первые места, по меньшей мере у некоторых ведущих историков и философов истории.

Интересно показать, в чем современный историк видит свое несходство с физиком. Рикер говорит (2000, с. 133), что в физике «речь идет только о *событиях специфического типа* – событиях не единичных, а в высшей степени повторяемых (падение температуры в тех или иных условиях и т. д.). Выразить все свойства индивидуального объекта – невыполнимая задача, которую, впрочем, никто, а особенно в физике, перед собой и не ставит. Объяснение какого-либо индивидуального события невозможно, если требовать от него учета всех характеристик события. От объяснения можно требовать только точности и проникаемости, но не исчерпывающего охвата единичного. Уникальный характер события, следовательно, – это миф, который нужно удалить с научного горизонта».

Ясно, что под научным горизонтом здесь понимается горизонт точных наук, поскольку для истории подход, устраняющий уникальное и индивидуальное, разумеется, губителен изначально. Ясно также, что относится это не к современной физике, а к ситуации до середины XX в. Вообще можно заметить, что, когда ученые вторгаются на «чужую» научную территорию, обычно это происходит не по отношению к одновременному состоянию дел в «чужой»

науке, а по отношению к тому, что происходило в ней лет 10–20–50 назад в зависимости от темпов развития науки. Когда же каждый говорит о своем, об актуальных проблемах собственной науки, между высказываниями иногда наблюдается удивительная синхрония. Так, «Время и рассказ» опубликован на французском языке в 1985 г., почти одновременно с «Переоткрытием времени» Пригожина (1989). И прямая перекличка между двумя этими работами дает больше для реального диалога между науками, чем непосредственные рассуждения физиков об истории и историков о физике.

4.1.2. Снятие дихотомии. Нарративная парадигма объяснения. Сами по себе события и явления не являются физическими или историческими, такая их классификация является внешней и, как и любая классификация, достаточно произвольной, это признает и сам Рикер, ссылаясь на П.Вейна. «Действительное различие проходит не между историческими и физическими фактами, а между историографией и физикой» (Veune, 1971, p. 21). Физика подводит факты под общие законы, создает теории, которые должны, по возможности, не иметь исключений, история же объединяет факты в интриги. Интрига – вот тот контекст, который квалифицирует входящие в нее события как исторические. «Факты существуют только в интригах и только благодаря им, получая в них относительное значение... Поскольку всякое событие является столь же историческим, как и другое, можно совершенно свободно выкраивать событийное поле» (ibid., p. 70, 83). Это вполне созвучно тезису о нагруженности естественно-научного эксперимента теорией, который означает, что «физические факты» существуют только внутри теорий и благодаря им.

Таким образом, дихотомия физика/история сводится к дихотомии теория/интрига. Возникает вопрос о сходстве и различии последних. Рикер (2000, с. 179) считает, что «историк отличается от физика; он не стремится расширить область обобщений ценой редукции случайностей... его проблема состоит как раз в том, чтобы включить эти события в приемлемый *рассказ*, то есть вписать их случайность в схему целого».

«Интрига» в понимании автора (сам он ссылается при использовании этого слова на «Поэтику» Аристотеля) – это основа, своеобразный каркас *рассказа*, и неотъемлемое свойство как интриги, так и построенного на ее основе рассказа – разворачиваться во времени. Точнее, исторический рассказ как бы кристаллизует, «сворачивает» в себе время благодаря установлению определенной связи между событиями. Эта связь много сложнее, чем простая последовательность во времени, она включает в себя причинную и «объяснительную» составляющие. Затем время может быть из рассказа развернуто, «восстановлено». Время – это то, что дает бытие истории, рассказу (а история только и существует в апостериорном рассказе о событиях, «не существует истории настоящего»). Только историческое – событийное и необратимое – время является полноценным, несводимым (к параметру или пространственной координате, например) временем.

Отметим, что физик не меньше историка заинтересован в том, чтобы вписать свои факты в теорию, или создать теорию, объемлющую факты, таким образом, разница между теорией и интригой в части их написания не очень велика. И та, и другая есть определенное упорядочивание фактов. Различие – в способе этого упорядочивания, основа же этого различия – различное представление о времени. Общие законы (классической!) физики – это не отрицание даже, но равнодушие ко времени, желание увидеть мир с точки зрения вечности, *totum simul* (все сразу, одновременно). Взгляд же историка предполагает прослеживание хитросплетений интриги во времени, при этом сливается временная, каузальная и объяснительная связь событий, интригу составляющих.

Вернемся к Пригожину: «Современная физика в той мере, в какой она осознает себя наукой о физико-химическом становлении, а не наукой о вневременных законах, превращающих это становление в видимость, обнаруживает в своей собственной области ряд проблем, которые в прошлом побуждали некоторых сомневаться в «научности» гуманитарных наук» (1989, с. 5). Введение в физику упомянутого ряда проблем прежде всего ведет к (частичному) отказу от рассмотрения мира «с точки зрения вечности», что является ослаблением научного метода в его классиче-

ском понимании. Однако в данном случае «ослабление модели – это позитивная деятельность, повышающая возможность ее применения». Весьма примечательно, что сказано это было Рикером (2000, с. 135) не по поводу физики, а по поводу истории, в полемике со сторонниками номологической (обобщающей) модели объяснения в последней! Ослабление модели в данном случае – это шаг к реализму, ослаблению диктата идеализирующих схем над реальностью, безразлично, физической или исторической. Но это, так сказать, негативная составляющая процесса конвергенции наук. В чем же состоит в максимально сжатом виде его позитивная составляющая?

Пригожин говорит о переходе от логики баланса к повествовательной логике: «Логика описания процессов, далеких от равновесия, – это уже не логика баланса (логика однозначных причин и следствий), а повествовательная логика (если... то...)» (1989, с. 11). Рикер – о переходе от объяснения посредством подведения под закон к объяснению посредством построения интриги (связного рассказа). Повествовательная логика описания и понимания мира – это и есть искомое универсальное объединяющее звено, способ описания, равно используемый как новыми физическими теориями, не чуждыми вероятности, случайности, эволюции, так и рассказом историка. Заметим, что «рассказ», вообще говоря, может быть не только о событиях исторических (т. е. прошедших), но и о будущих, и о вымышленных.

5. Наука на пути к новому антропному принципу?

Благодаря новой парадигме объяснения сближаются не только методологии различных наук, «начинает стираться грань между научным объяснением, объяснением здравого смысла и теми своего рода благоразумными суждениями, которые мы высказываем обычно по поводу людских дел» (Рикер, 2000, с. 139). Это, по сути, начало пути к созданию метаантропологии, которая, по мысли Бальтазара (1993, с. 62), должна прийти на место метафизики. «Христианской теологии удалось пролить совершенно новый свет на человеческую личность и ее диалогический характер. Можно было бы, опираясь на эту новую антропологию,

попытаться нащупать исходную точку для построения новой философии и спросить себя: нельзя ли сегодня на место метафизики (т. е. прежней устаревшей картины мира как $\phi\upsilon\sigma\iota\zeta'$) поставить метаантропологию?»

Здесь можно говорить о новом антропном принципе в науке, являющемся усилением прежнего, основной постулат которого уже не в том, что мир создан для существования человека, а в том, что он создан (еще и) для познания (понимания, описания) человеком. Такому изменению онтологии должно соответствовать адекватное изменение гносеологии. Стремление человека к собственному единству, единству описания мира и единству с миром – это разные аспекты одного и того же стремления. И осуществляются все эти аспекты, вообще говоря, одним и тем же способом, хотя и различным в различных культурах. Для традиционных культур Востока, например, такое единство может осуществляться на основе медитативных практик. Современная же наука является порождением западной культуры, которая является по преимуществу культурой текстовой. Поэтому совершенно естественно то, что для нее рассказ, нарратив оказываются искомым интегрирующим методом, «местом встречи» различных наук и вообще областей человеческой деятельности, и шире – человека с собой⁴ и с миром.

Развитие этого тезиса приводит к мысли о том, что время (его научный образ, модель, во всяком случае) и нарратив с необходимостью должны быть структурированы одинаковым образом, поскольку время дано нам исключительно через (научный) нарратив. Нижеприведенная цитата, с точностью до обобщения «прошлого» на «время вообще», выражает эту мысль яснее. «Нарратив не является проекцией исторического ландшафта или некоего исторического механизма, прошлое лишь *конституируется* в нарративе. Структура нарратива – это структура, которая *придается* или *навязывается* прошлому, она не является результатом рефлексии над родственной структурой, объективно присутствующей в самом прошлом. ... Мы не «видим» прошлое, как оно есть и как мы видим дерево, машину или ландшафт; мы видим прошлое только сквозь маскарад нарративных структур» (Анкерсмит, 2003, с. 128, 130). «Нарратив, так сказать, оказывает определенное влияние на

высказывание о событии», – пишет Анкерсмит (2003, с. 244). И далее определеннее: «...нет фактов, свободных от нарративной интерпретации в нарративах» (Анкерсмит, 2003, с. 308). Последнее высказывание объединяет естественно-научную теорию и интригу, представляя их различными модальностями нарратива, об этом речь уже шла. Но оно же говорит и о том, что всякое научное знание, *в принципе*, является знанием не «прямым», но опосредованным нарративом. Поэтому то, что касается проблемы прямого восприятия времени, то она лежит вне круга рассматриваемых проблем, не являясь в точном смысле слова научной. К отражению этого факта, по сути, и сводятся приводившиеся в начале работы высказывания Августина, Канта, Рикера о неуловимости сути времени. По-видимому, для решения этой проблемы требуется преодоление, выход за пределы нарратива, навязывающего времени свою структуру и логику. Это же, в свою очередь, означает выход за пределы *всякой* науки, в том числе и современной, постнеклассической, преодолевающей оппозицию естественно-научного и гуманитарного знания. *Возможно*, что решение этой проблемы будет связано с преодолением оппозиции научного и мистического знания, что явится очередным подтверждением центральности проблемы времени для синтеза различных родов знания. Однако сейчас мы не можем даже туманно указать никаких реальных, недекларативных путей к достижению такого синтеза.

СНОСКИ

¹ *Воляпюк* – первый искусственный язык, до эсперанто, создан в 1879 г. немецким пастором и языковедом И. Шлейром. Активно (периодика, переводная и оригинальная литература) просуществовал чуть более десятилетия.

² *Lingua franca* – смешанный язык, сложившийся в Средние века в Средиземноморье, смесь французского и итальянского, служил для общения арабских и турецких купцов с европейцами. В эпоху Крестовых походов вобрал в себя элементы испанского, арабского и греческого и назывался также «сабир».

³ *Чинукский жаргон*, служил для общения индейцев с белыми торговцами Северо-Запада США и Канады, смесь крайне упрощенных индейских языков чинук и нутка с английским и французским.

⁴ Так, Анкерсмит (2003, с. 261) считает, что даже «самоидентичность является нарративным понятием: «Я» обозначает определенную нарративную субстанцию»!

ЛИТЕРАТУРА

- Анкерсмит Ф.* Нарративная логика. М., 2003. 360 с.
- Бальтазар Х.* О простоте христиан // Символ, 1993. Т. 29. С. 62–63.
- Витгенштейн Л.* Логико-философский трактат // Философские работы. Ч. 1. М., 1994а. С. 1–73.
- Витгенштейн Л.* Философские исследования // Философские работы. Ч. 1. М., 1994б. С. 75–319.
- Данилов Ю., Кадомцев Б.* Что такое синергетика? // Нелинейные волны. Самоорганизация. М., 1983. 240 с.
- Кун Т.* Структура научных революций. М., 2003. 365 с.
- Мандельштам Л.* Лекции по колебаниям. М., 1955. 503 с.
- Молчанов Ю.* Проблема времени в современной науке. М., 1990. 144 с.
- Пригожин И.* Переоткрытие времени // Вопросы философии. 1989. № 8. С. 3–19.
- Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. М., 1999. 268 с.
- Рикер П.* Время и рассказ. Т. 1. М.; СПб., 2000. 313 с.
- Humphreys S.* Elementary Models of Historical Thought // History and Theory. 1980. V. 1. XIX. P. 1–20.
- Veyne P.* Comment on écrit l'histoire. Paris, 1971.

Раздел II

МОДЕЛИ ВРЕМЕНИ В ФИЗИКЕ

ГЛАВА V

Владимир В. Кассандров

Институт гравитации и космологии;
Российский университет дружбы народов;
кафедра алгебраической структуры пространства-
времени, алгебродинамики полей и частиц
Web-Института исследований природы времени
<http://www.chronos.msu.ru>; vkassan@rambler.ru

Предсвет, время, материя

В «алгебродинамическом» подходе физические законы не постулируются, а являются следствиями единого первичного Принципа, имеющего абстрактную числовую природу и «кодирующего» структуру Вселенной. Феномен Времени тоже должен быть представлен в этом Коде. Исходной структурой в алгебродинамике служит исключительная алгебра бикватернионов. При этом физические поля рассматриваются как «аналитические» функции бикватернионного переменного, а частицы – как (ограниченные в 3-мерном пространстве) особые точки – сингулярности этих функций-полей; никаких принципов или уравнений, кроме условий бикватернионной «аналитичности», не постулируется. Возникающая картина Мира имеет глубокие связи с твисторной геометрией световых лучей Пенроуза и в качестве основных элементов содержит релятивистски-инвариантный «предсветовой» эфир и порождаемые потоком «Предсвета» в фокальных точках (каустиках) частицеподобные образования. Временная координата выделена динамически, поскольку для любого решения локально существует 4-мерное направление, вдоль которого первичное бикватернионное «эфирообразующее» поле постоянно. Поток Предсвета является также и Потокom Времени, концепция которого оказывается в данном аспекте близкой к концепции Козырева. Здесь, однако, время не «взаимодействует» с материей, а предшествует ей и порождает ее; «скорость хода Времени» совпадает с единственной фундаментальной скоростью – скоростью света («Предсвета»). Важную роль в теории играет комплексная структура алгебры бикватернионов, предопределяющая многозначный характер «эфирообразующего» поля и «тонкую» структуру первичного потока Времени-Предсвета как суперпозицию огромного числа локально независимых субпотоков. Комплексно-кватернионная структура предполагает также рассмотрение полного 8-мерного пространства-времени, динамика частиц-сингулярностей в котором оказывается неожиданно богатой. А именно, источником наиболее интересного класса решений служит совокупность точечных сингулярностей – фокусов предсветового потока – разделенных «нулевым» комплексным интервалом, принадлежащих одной и той же Мировой линии, имеющих одинаковое значение первичного твисторного поля и эффективно взаимодействующих. Как следствие, динамически

8-мерное пространство редуцируется к 6-мерному подпространству «комплексного светового конуса» наблюдателя, которое, в свою очередь, сводится к основному 4-мерному пространству-времени и ортогональному пространству 2-сферы, ответственному за спиновые степени свободы. Обсуждаются также новые свойства феномена времени, связанные с его возможной комплексной природой.

Ключевые слова: *бикватернионы, твисторы, бессдвиговые изотропные конгруенции, частицы-особенности, первичный «предсветовой» поток, поток времени, комплексное пространство-время, комплексный световой конус.*

1. Введение. Алгебродинамическая программа

Статья представляет основные принципы и результаты, полученные в рамках развиваемого автором алгебродинамического подхода. Как отмечалось в монографии автора (Кассандров, 1992), целью алгебродинамики является «вывод всех физических уравнений и симметрий из свойств некоторой *фундаментальной (Мировой) алгебраической структуры*». Алгебродинамика представляет собой попытку реализовать (на современном математическом и физическом уровне) идеи Пифагора, Гамильтона, Клиффорда, Дирака о *числах как единственной основе Мира*. В основу алгебродинамики положена исключительная алгебра *кватернионов*, открытая У. Гамильтоном в 1843 году; при этом все физические уравнения и свойства частиц выводятся из *условий дифференцируемости* функций кватернионного переменного, рассматриваемых в алгебродинамике как фундаментальные физические поля.

В отличие от господствующей поныне в теоретическом естествознании прагматической установки на *описание* наблюдаемых и воспроизводимых физических явлений, понимаемая в широком смысле алгебродинамика пытается выяснить *происхождение самих физических законов*, найти тот единый первичный принцип – *Код Природы*, – который определяет как геометрию физического пространства-времени, так и все без исключения свойства материи и который, возможно, имеет *чисто абстрактную (числовую) природу*.

Общие принципы построения единой физической теории на основе подобной *неопифагорейской* парадигмы в наибо-

лее радикальном и концентрированном виде сформулированы, пожалуй, в работе автора (Кассандров, 2001). Здесь же мы только отметим, что похожие взгляды на существование элементарного («аминокислотного») Кода, лежащего в основе физической реальности, изложены в изданной посмертно книге В.Я. Фридмана (1996). В некоторых аспектах близкая философия исповедуется и в *теории физических структур* Ю.И. Кулакова (2005), претендующей на вывод основных законов из абстрактных математических свойств *фундаментального отношения* (понимаемого, например, Владимиром (1996) как отношение между состояниями физической системы).

Каким образом и почему именно кватернионы могли бы являться «Мировой» алгеброй, ответственной за наблюдаемую геометрию и физику? Дело в том, что основой комплексного анализа являются условия дифференцируемости Коши-Римана – система линейных дифференциальных уравнений в частных производных, по виду аналогичных уравнениям Максвелла и другим, составляющим основу как классической, так и квантовой теории поля. Поэтому можно ожидать, что аналогичные условия в случае 4-мерной алгебры кватернионов Q будут исполнять роль естественных уравнений единого «первичного» физического поля, а векторное пространство алгебры Q (имеющей одну действительную и три мнимых единицы, см. ниже) – выступать в качестве физического пространства-времени.

Однако осуществление подобной программы построения единой кватернионной физики, по существу сформулированной еще самим Гамильтоном и его последователями, встретило ряд трудностей принципиального характера. Оказалось, во-первых, что класс дифференцируемых функций кватернионного переменного, определенных аналогично комплексному случаю, чрезвычайно узок (по существу исчерпывается линейными функциями) и не может служить основой теории поля. Попытки расширения этого класса (Fueter, Lanczos, Иваненко, Imaeda) не были вполне согласованы со структурой кватернионной алгебры и потому не получили развития. В предложенной нами версии кватернионного анализа (Кассандров, 1992; см. там же ссылки на ранние работы) эта проблема получает решение. При этом обобщенные условия Коши-Римана оказываются *нелинейными* как

следствие *некоммутативности* алгебры Q и могут рассматриваться как уравнения *взаимодействующих* полей.

Другая трудность состоит в том, что отвечающая структуре алгебры Q положительно определенная евклидова метрика не имеет прямого отношения к метрике пространства Минковского M , признанной после успеха специальной теории относительности канонической метрикой физического пространства-времени. Всякая теория, основанная на алгебре кватернионов Гамильтона, неинвариантна относительно преобразований Лоренца и представляется поэтому физически неадекватной.

Отсутствие какой-либо «хорошей» (например, ассоциативной) алгебры, соответствующей геометрии Минковского, вообще представляет собой главную трудность алгебродинамической программы. При этом для записи известных уравнений релятивистских полей (Березин и соавт., 1989) широко используется комплексное обобщение кватернионов – алгебра *бикватернионов* B , изоморфная полной 2×2 -матричной алгебре над полем комплексных чисел C . *Координатное* пространство становится тогда вещественно 8-мерным; однако, ограничивая его до подпространства *эрмитовых* матриц $X = X^+$, будем иметь на этом «срезе» метрику Минковского, задаваемую определителем $\det X$ (заметим, что физические поля при этом остаются *комплексными*, что вполне привычно для теории поля). Такая процедура, автоматически приводящая к лоренц-инвариантной теории, и использовалась до последнего времени в алгебродинамике. Однако очевидно, что это ограничение координатного пространства не отвечает исходной *комплексной* структуре алгебры B и выглядит непоследовательным.

Комплексное расширение пространства-времени CM возникает также в общей теории относительности, твисторной геометрии и теории струн. Тем не менее смысл 4 дополнительных координат остается неясным. В контексте алгебры B различные попытки их интерпретации предпринимались в работах В.Я. Фридмана (1996), А.П. Ефремова (Yefremov, 1995a; 1995b) и в нашей работе (Кассандров, 2005). Само по себе 8-мерное пространство играет большую роль в бинарной геометрофизике Ю.С. Владимирова (1987; 1996), а в некоторых работах рассматривается удвоение про-

странственных (Урусовский, 1996; 1999) или временной (Сахаров, 1984) координат. Новый подход к интерпретации комплексного пространства-времени в рамках бикватернионной алгебродинамики предложен в данной статье.

Ниже в разделе 2 представлены наиболее важные соотношения кватернионного анализа, составляющего основу математического аппарата алгебродинамики. В разделе 3 кратко излагаются главные принципы и результаты алгебродинамической теории поля в пространстве Минковского («старой» алгебродинамики). Особое внимание уделено *светоподобной* структуре (потoku «Предсвета»), естественно возникающей в теории, тесно связанной с *твисторной геометрией* Р. Пенроуза и играющей роль *релятивистски-инвариантного эфира*. Все материальные образования рассматриваются при этом как фокальные точки или каустики предсветового потока.

В разделе 4 рассматривается новая *концепция времени*, возникающая как следствие существования универсального потока Предсвета и имеющая некоторые общие черты с теорией времени Н.А. Козырева (1991). Время рассматривается как параметр универсального непрерывного преобразования координат, сохраняющего значение первичного твисторного поля.

Именно такая трактовка физического времени наряду с рассмотрением корреляций фундаментального поля точечных частиц-сингулярностей – фокальных точек предсветового потока – и позволяет дать последовательную интерпретацию полного 8-мерного координатного пространства алгебры B . В разделе 5 рассматривается динамика ансамбля таких частиц, расположенных на комплексном световом конусе наблюдателя и имеющих общие с ним значения основного твисторного поля. Рассмотрена естественная редукция 6-мерного пространства этого конуса к физическому пространству-времени и ортогональному ему 2-мерному «спиновому» пространству.

2. Бикватернионный анализ и алгебродинамика

В радикальной парадигме B -алгебродинамики все физические законы предполагается получать только как следствия условий дифференцируемости функций гипер-

комплексного переменного (условий типа *Коши-Римана*), играющих роль уравнений первичного физического поля. Заметим, что по аналогии с комплексной алгеброй анализ над *коммутативной* алгеброй A (конечномерной, линейной, ассоциативной) может быть построен (G. Sheffers, 1893) на основании следующего определения *дифференцируемой* в A функции $F: A \rightarrow A$ аргумента $Z \in A$ (см., например, Вишневский и соавт., 1985):

$$dF = F' * dZ, \quad (1)$$

где $F': A \rightarrow A$ – вспомогательная функция $F'(Z)$, имеющая в случае алгебр с *делением* смысл *производной* функции $F(Z)$, а $(*)$ – операция умножения в A . Соотношение (1) представляет собой наиболее общую *инвариантную* (т. е. бескомпонентную, использующую только операции в алгебре) форму связи дифференциалов (линейных частей приращений) аргумента dZ и функции dF .

В случае комплексной алгебры условие (1) эквивалентно системе уравнений Коши-Римана. Действительно, расписывая покомпонентно дифференциалы $dZ = dx + idy$, $dF = du + idv$ и функцию $F' = f' + ig'$, производя умножение в (1) и приравнивая по отдельности действительную и мнимую части, получим

$$du = f' dx - g' dy, \quad dv = g' dx + f' dy,$$

откуда с учетом независимости приращений dx, dy имеем уравнения Коши-Римана

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} = f', \quad \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\partial u}{\partial y} = g', \quad (2)$$

дифференцируя которые, получаем *уравнение Лапласа* для компонент $u(x, y)$ и $v(x, y)$ функции $F(Z)$:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0. \quad (3)$$

Однако определение дифференцируемости функций (1) позволяет не только воспроизвести все основные соотношения комплексного анализа, но и построить по аналогии с ним анализ на *произвольной* ассоциативной коммутативной алгебре, в том числе без деления. Хорошее изложение этих вопросов содержится в монографии (Вишневский с соавт., 1985, глава 5). Что же касается наиболее интересного неком-

мутативного случая, то естественное обобщение условия дифференцируемости (1) на случай *некоммутативных* ассоциативных алгебр (*матричных* алгебр) было предложено автором в 1980 г. и подробно обсуждалось в монографии (Кассандров, 1992), в работах (Kassandrov, 1995; Kassandrov, Rizcalla, 2002), а также во многих других работах автора. Это соотношение имеет следующий инвариантный вид:

$$dF = L * dZ * R. \quad (4)$$

Здесь мы встречаем уже две вспомогательные функции $L(Z), R(Z)$ аргумента Z (т. н. левая и правая «полупроизводные» функции $F(Z)$); звездочка теперь обозначает умножение в некоммутативной алгебре A . При редукции к прежнему случаю *коммутативной* алгебры «полупроизводные» очевидным образом объединяются в обычную «производную» F' основной функции

$$dF = (L * R) * dZ \equiv F' * dZ.$$

Напомним теперь, что исключительная алгебра кватернионов Гамильтона Q определяется следующей таблицей умножения базисных элементов (e_0 – единичный элемент, $\{e_a\}, a=1,2,3$ – три «мнимых» единицы)

$$e_0 * e_a = e_a * e_0 = e_a, \quad e_a * e_b = -\delta_{ab} + \varepsilon_{abc} e_c, \quad a, b, c = 1, 2, 3; \quad (5)$$

(δ_{ab} и ε_{abc} – единичный символ Кронекера и абсолютно антисимметричный символ Леви-Чивита соответственно). Каждому элементу алгебры $q \in Q$ можно сопоставить неотрицательное число – *норму* $N(q) = q_0^2 + q_1^2 + q_2^2 + q_3^2$, удовлетворяющую для $\forall p, q \in Q$ условию *мультипликативности*

$$N(p)N(q) = N(p * q).$$

Используя это условие, имеем из соотношения (4)

$$N(dF) = N(L * R)N(dZ) \equiv \Lambda(Z)N(dZ),$$

что означает *конформность* отображения $F: E^4 \rightarrow E^4$ (с масштабным фактором $\Lambda(Z) > 0$), реализуемого любой функцией, удовлетворяющей условиям дифференцируемости (1). Свойство конформности естественно обобщает аналогичное свойство аналитических функций комплексного переменного.

Однако в евклидовых пространствах размерности $n > 2$ класс конформных отображений, согласно известной *теореме Лиувилля*, весьма узок (в E^4 – 15-параметрическая группа, включающая «движения», инверсии и растяже-

ние). Поэтому функций, дифференцируемых в Q в смысле определения (4), также «очень мало», и они уж никак не могут рассматриваться в качестве физических полей.

Неожиданным образом ситуация кардинально меняется при комплексном расширении алгебры Q , т. е. при переходе к алгебре бикватернионов B . В этой алгебре (псевдо)норма элемента становится комплексной, и масштабный фактор $\Lambda(Z)$ может уже обращаться в нуль, когда «полупроизводные» $L(Z)$, $R(Z)$ принимают значения в классе делителей нуля алгебры B , т. е. когда либо $N(L)=0$ либо $N(R)=0$. Такие отображения проектируют произвольные элементы $dZ \in B$ на подпространство изотропных элементов $dF \in B$: $N(dF)=0$ и, очевидно, уже не являются конформными; их можно назвать вырожденными конформными отображениями. Именно соответствующие им функции B -переменного и могут рассматриваться, как будет ясно из последующего, в качестве фундаментального физического поля – прообраза известных (спинорных и калибровочных) физических полей.

Будем в дальнейшем использовать привычное матричное представление алгебры B , при котором $\forall b \in B$ сопоставляется 2×2 -матрица общего вида $\{b_{AB}\}$, $A, B=1, 2$ с элементами – комплексными числами, $b_{AB} \in C$. При этом с целью «избавиться» от дополнительных координат и обеспечить релятивистскую инвариантность теории наложим условие эрмитовости на координатную матрицу Z : $Z \rightarrow X = X^+$, а именно, выберем следующее явное представление координат:

$$Z \rightarrow X = \begin{pmatrix} u & w \\ w^* & v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t+z & x-iy \\ x+iy & t-z \end{pmatrix} = X^+, \quad (6)$$

где координаты u, v – вещественные, w, w^* – комплексно сопряженные, а x, y, z, t – декартовы и временная координаты соответственно (скорость света положена равной единице). При этом метрика этого координатного подпространства, представленная определителем $\det X = uv - ww^* = t^2 - x^2 - y^2 - z^2$, действительно оказывается метрикой пространства Минковского M .

С учетом ограничения координат на пространство Минковского основное условие дифференцируемости (4) функций B -переменного принимает вид

$$dF = L * dX * R \quad (7)$$

и, как легко убедиться, инвариантно относительно преобразований Лоренца

$$X \rightarrow C * X * C^+, F \rightarrow D^+ * F * D, R \rightarrow D^+ * R * D, L \rightarrow D^+ * L * D,$$

где C – любая постоянная матрица с $\det C \neq 0$, D – обратная матрица, $CD = I$. Более подробно симметрии соотношения (7) описаны в работе автора (Кассандров, 1995).

Аналогично случаю комплексной алгебры (см. соотношения (1)–(3)) распишем теперь покомпонентно условие дифференцируемости (7), приравняем коэффициенты при независимых приращениях координат и алгебраически исключим компоненты «полупроизводных» функций. Тогда для каждой матричной компоненты $S = \{F_{AB}\} \in C$ основной B -функции $F(X)$ получим нелинейное лоренц-инвариантное уравнение комплексного эйконала (УКЭ) (Кассандров, 1992)

$$\frac{\partial S}{\partial u} \frac{\partial S}{\partial v} - \frac{\partial S}{\partial w} \frac{\partial S}{\partial w^*} = 0, \quad (8)$$

или в декартовых координатах

$$\left(\frac{\partial S}{\partial t}\right)^2 - \left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)^2 - \left(\frac{\partial S}{\partial y}\right)^2 - \left(\frac{\partial S}{\partial z}\right)^2 = 0. \quad (9)$$

Таким образом, аналогом уравнения Лапласа в случае алгебры бикватернионов является не волновое линейное уравнение, как можно было бы ожидать, а УКЭ – уравнение «волнового фронта». Причем нелинейность этого уравнения является прямым следствием некоммутативности алгебры B , явно учитываемой в определении B -дифференцируемых функций (7). С другой стороны, нелинейность УКЭ позволяет всерьез рассматривать эйконал в качестве фундаментального физического поля, а условие дифференцируемости (7) вместе со следующим из него УКЭ – в качестве единственных первичных уравнений поля. Основные результаты построенной на этих положениях бикватернионной теории поля кратко изложены в следующем разделе.

3. Алгебродинамика в пространстве Минковского. «Предсвет»

Всякое решение условий B -дифференцируемости (7) – основных уравнений алгебродинамики – может быть построено из (одного или нескольких) решений УКЭ (9). С другой стороны, оказывается, что многие известные из физики поля, включая электромагнитное, могут быть определены через *производные* от эйкональной функции по координатам и на решениях УКЭ удовлетворяют соответствующим *вакуумным* уравнениям Максвелла, $SL(2, \mathbb{C})$ -Янга-Миллса и др. (Кассандров, 1992; Kassandrov, Rizcalla, 2002). Заметим, что в комплексном случае УКЭ может иметь *статические* решения, для которых $\partial S / \partial t = 0$ (см., например, решение (15) ниже), что невозможно, как это легко видеть из (9), в случае действительного эйконала.

УКЭ обладает широкой группой симметрий, в том числе конформной, а также уникальной *функциональной инвариантностью* (любая дифференцируемая функция от *любого* решения УКЭ также является его решением). Более того, в нашей работе (Кассандров, 2002) показано, что любое решение УКЭ генерируется *чисто алгебраически* некоторой однородной функцией твисторного аргумента. Понятие *твистора*, тесно связанного с геометрией световых лучей и со структурой уравнений релятивистских полей, было введено Р. Пенроузом (Пенроуз, Риндлер, 1988); ниже необходимые нам сведения излагаются в упрощенной форме.

Твистор можно определить как пару *спиноров* $\{\xi, \tau\}$, связанных линейным соотношением *инцидентности* с координатами пространства Минковского M , задаваемыми эрмитовой матрицей (6), а именно матричным соотношением $\tau = X\xi$, или в развернутом виде

$$\begin{pmatrix} \tau^1 \\ \tau^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u & w \\ w^* & v \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Очевидно, что это соотношение сохраняет свой вид при умножении на произвольную скалярную функцию координат, поэтому фактически независимыми являются только *три* компоненты твистора. Считая, например, компоненту ξ_1 отличной от нуля и определяя отношение $\xi_2 / \xi_1 \equiv G$, находим, что (10) эквивалентно двум уравнениям

$$\tau^1 = u + wG, \quad \tau^2 = w^* + vG, \quad (11)$$

связывающим три компоненты $\{G, \tau^1, \tau^2\}$ *проективного* твистора. Геометрически они определяют комплексное проективное пространство CP^3 . Будем трактовать набор этих компонент как твисторное поле, зависящее от координат на M . Решая тогда соотношения (11) относительно этих координат при *фиксированных* значениях твисторных компонент, получим для *декартовых* координат

$$x_a = x_a^0 + \eta_a t, \quad \eta = \{\eta_a\} = \frac{1}{(1 + GG^*)} \{(G + G^*), -i(G - G^*), (1 - GG^*)\}, \quad \eta^2 = 1, \quad (12)$$

где $a=1, 2, 3$, величины x_a^0 простым образом выражаются через три компоненты твистора, а единичный *вектор направления* η однозначно определяется только основной комплексной функцией G . Что касается временной координаты, то она остается произвольной и выступает в качестве свободного параметра (см. ниже).

Соотношение (12) имеет следующий смысл. Сколь сложным бы ни было распределение твисторного поля в пространстве в некоторый момент времени (например, при $t=0$), его *временная* динамика весьма проста и универсальна, а именно, начальное значение всех компонент $\{G, \tau^1, \tau^2\}$ в любой точке пространства $\{x_a^0\}$ *переносится без изменений* вдоль локальных прямолинейных направлений-лучей, определяемых вектором η , «распространяясь» вдоль них с *фундаментальной скоростью* (скоростью света $c=1$).

Хорошим аналогом процесса «переноса» поля служит распространяющаяся в вакууме *электромагнитная волна* общего вида: ее электромагнитное поле также переносится со скоростью света вдоль лучей – локально определенных направлений, перпендикулярных поверхностям *волнового фронта*. Поскольку эти поверхности, как хорошо известно, описываются именно решениями уравнения эйконала, можно предполагать, что все решения УКЭ обладают *твисторной структурой* и описанной выше универсальной симметрией поля.

И действительно, как уже было отмечено, в нашей работе (Kassandrov, 2002) была явно описана твисторная структура УКЭ и с ее помощью предъявлена релятивист-

ски-инвариантная форма *общего решения* УКЭ, включающего, как выяснилось, два взаимно сопряженных класса. А именно, каждая *пара* сопряженных решений УКЭ генерируется некоторой функцией $\Pi=(G, \tau^1, \tau^2)$ трех компонент проективного твистора следующим образом.

Пусть $\Pi=0$, т. е. три твисторных компоненты функционально связаны между собой, что геометрически соответствует выбору некоторой *поверхности* в CP^3 . Используя соотношение инцидентности (11), представим уравнение этой поверхности как уравнение относительно одного неизвестного G , а именно

$$\Pi(G, \tau^1, \tau^2) = \Pi(G, u + wG, w^* + vG) = 0, \quad (13)$$

разрешая которое, получим некоторое (вообще говоря, многозначное) *поле* $G = G(u, v, w, w^*) \equiv G(x, y, z, t)$. Прямым дифференцированием (13) нетрудно убедиться, что для *любой* функции Π и любой непрерывной ветви («моды») решения полученная функция G тождественно удовлетворяет УКЭ, представляя тем самым первый (основной) класс его решений. Этот класс решений УКЭ известен в теории гравитации, поскольку для каждой такой G совокупность соответствующих ей согласно (12) локальных направлений η образует пучок прямолинейных светоподобных лучей (т. н. *изотропную геодезическую конгруэнцию лучей*) особого вида, а именно *бессдвиговую* конгруэнцию. Мы не будем подробно останавливаться здесь на понятии *сдвига* и обсуждать геометрию бессдвиговых конгруэнций. Для дальнейшего важно лишь отметить, что всякая бессдвиговая конгруэнция может быть получена из некоторой генерирующей твисторной функции Π вышеописанным методом (это утверждение составляет содержание т. н. *теоремы Керра* (Debney et al., 1969)).

Интересно, что всякая функция G , полученная из условия Керра (13), удовлетворяет, помимо УКЭ, также и линейному волновому уравнению

$$\frac{\partial^2 G}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 G}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 G}{\partial z^2} = 0.$$

Производные от функции G по координатам, через которые, как отмечалось выше, определяются ассоциированные с конгруэнцией электромагнитное и янгмиллсовское

поля (а также *поле кривизны* эффективной римановой метрики, определяемой в теории гравитации через бессдвиговые изотропные конгруэнции), обращаются в бесконечность в точках ее *ветвления*, определяющихся условием

$$\dot{\Pi} \equiv \frac{d\Pi}{dG} = \frac{\partial \Pi}{\partial G} + w \frac{\partial \Pi}{\partial \tau^1} + v \frac{\partial \Pi}{\partial \tau^2} = 0. \quad (14)$$

Разрешая последнее относительно G и подставляя результат в (13), получим *уравнение формы и движения особенностей* $\Pi(x, y, z, t) = 0$. Нетрудно снова проверить дифференцированием, что любая полученная такой несложной процедурой функция $\Pi(x, y, z, t)$ удовлетворяет УКЭ, представляя тем самым второй класс его решений. В нашей работе (Kassandrov, 2002) показано, что *всякое* решение УКЭ (вместе со своим «сопряженным») может быть получено из некоторой генерирующей твисторной функции $\Pi(x, y, z, t)$ одним из двух вышеуказанных алгебраических способов.

Важно, что особенности сопоставляемых основному полю калибровочных полей, как и поля кривизны эффективной *римановой метрики*, определяются *одним и тем же условием* $\Pi(x, y, z, t) = 0$ и совпадают в пространстве и времени. Поэтому в контексте алгебродинамики естественно определить частицу как *общее геометрическое место особых точек* всех сопоставляемых основному полю G (через его производные) «физических» полей, как единый *источник* всех этих полей.

Для дальнейшего приведем пример фундаментального статического решения УКЭ, которое соответствует производящей функции следующего вида:

$$\Pi = \tau^1 G - \tau^2 + 2iaG = (wG + u)G - (vG + w^*) + 2iaG = wG^2 + 2\check{z}G - w^*,$$

где $z = (u - v)/2$, $\check{z} = z + ia$, $a = \text{Const} \in R$. Статичность решения следует из того, что временной параметр $t = (u + v)/2$ не входит в определяющее G уравнение $\Pi = 0$, разрешая которое находим две моды

$$G = \frac{w^*}{\check{z} \pm \hat{r}} \equiv \frac{x + iy}{z + ia \pm \sqrt{x^2 + y^2 + (z + ia)^2}} \equiv (tg^{\pm 1} \theta) e^{i\phi}, \quad (15)$$

геометрически отвечающие *стереографической проекции* $S^2 \rightarrow C$ сферы на комплексную плоскость, из южного и север-

ного полюсов соответственно. Причем каждая из двух мод решения (15) удовлетворяет как УКЭ, так и волновому уравнению.

Сингулярность соответствующих (15) электромагнитного и других полей отвечает точкам ветвления (15) и определяется условием $\tilde{r}=0$. Отделяя действительную и мнимую части, находим следующее условие на форму сингулярного множества:

$$z=0, x^2+y^2=a^2. \quad (16)$$

Таким образом, сингулярность имеет вид *кольца* радиуса a или, в предельном случае $a=0$, является *точечной*. В последнем случае электромагнитное поле, сопоставляемое решению (15), оказывается, как и следовало ожидать, *кулоновским*, причем электрический заряд фиксирован по модулю ($q=\pm 1$ для первой и второй мод соответственно). Эффективная риманова метрика, отвечающая этому решению, для обеих мод совпадает и является одной из основных в общей теории относительности метрик – метрикой заряженного точечного источника *Райсснера-Нордстрема*. В случае $a \neq 0$ имеем соответственно поле и метрику, в точности соответствующие решению «с вращением» *Керра-Ньюмена* в ОТО, причем электромагнитное поле имеет уже магнитную составляющую, а электрический заряд по-прежнему равен «элементарному». С другой стороны, «керровское кольцо» удивительным образом обладает гиромангнитным отношением, соответствующим частице спина $s=\hbar/2$. Многие авторы (Carter, Lopes, Burinskii, Newman, Kassandrov, Rizcalla et al.) пытались поэтому интерпретировать это решение в качестве *модели электрона*. Разного рода преобразования симметрии и обобщения этого решения рассматривались в работах А.Я. Буринского (1980; Burinskii, 2003), В.В. Кассандрова и Дж.А. Ризкалла (Kassandrov, Rizcalla, 2002) и других авторов.

Общая теорема квантования заряда частиц-сингулярностей в бикватернионной алгебродинамике была доказана в работах (Кассандров, 2000; Kassandrov, 2004) и представляет собой один из первых фундаментальных результатов этой теории (поскольку в ортодоксальной теории поля электрический заряд квантуется «руками» и какие-либо объяснения факта существования *элементарного* электрическо-

го заряда отсутствуют). При этом изолированные «частице-подобные» сингулярности, как правило, представляют собой замкнутые кривые («струны»), и лишь в особых случаях (например, при наличии аксиальной симметрии) могут быть точечными или являются 2-поверхностями («мембранами»). Эти образования демонстрируют нетривиальную динамику, включающую перестройки, «аннигиляцию» и т. п., и имеют некоторые характеристики, присущие реальным частицам (элементарный электрический заряд, дираковское гиромангнитное отношение и др.). Примеры бессдвиговых конгруэнций, соответствующих им полей и их сингулярной структуры приведены в работах В.В. Кассандрова и В.Н. Тришина (Kassandrov, Trishin, 1999), В.В. Кассандрова (2004) и др.

Таким образом, структура первичных уравнений – условий B -дифференцируемости (7) – приводит к самосогласованной концепции частиц как общих сингулярностей системы ассоциированных полей. При этом регулярная часть полевых функций сама предопределяет как положение частиц-сингулярностей, так и их временную эволюцию. Такие поля могут быть чрезвычайно сложными, иметь особенности (полюса, точки ветвления), в том числе быть *многозначными*. Однако вышеописанная процедура («теорема Керра») позволяет в принципе найти их для любого решения *чисто алгебраически*. Возможность *без интегрирования* получать чрезвычайно сложные решения уравнений УКЭ, Максвелла и Янга-Миллса представляет собой одно из наиболее привлекательных свойств, специфичных только для данного подхода. Другой его особенностью является, конечно же, существование для любого решения фундаментальной «предсветовой» структуры – бессдвиговой изотропной конгруэнции прямолинейных «лучей», соответствующих полю комплексного эйконала.

Действительно, если вид полей η и G в фиксированный момент времени, как и *пространственное* расположение и форма их особенностей, может быть чрезвычайно сложным, то эволюция этих полей *во времени* вполне определяется процессом «переноса» поля G вдоль η , рассмотренным выше. С другой стороны, ассоциированные с конгруэнцией лучей электромагнитное и другие поля вовсе не всегда локально «переносятся» вместе с первичным полем G , по-

скольку определены через *производные* от G . Именно поэтому в теории и могут существовать заряженные частицеподобные образования, в том числе покоящиеся или движущиеся с досветовыми скоростями, являющиеся *фокальными точками (каустиками)* фундаментальной конгруэнции лучей. Действительно, особенности конгруэнции определяются тем же условием (14), что и сингулярности электромагнитного и других полей, соответствующие их источникам-частицам.

По существу все «материальные» образования, возникающие в алгебродинамике, имеют «световую» природу, генерируются фундаментальной светоподобной конгруэнцией лучей, первичным *поток*ом Предсвета (Кассандров, 2001; 2004). Этот первичный поток сам по себе не проявляет себя в обычных условиях. Наблюдатель воспринимает лишь «уплотнения» этого потока, его *фокальные* точки, да и сам состоит из них. При этом *видимый свет* также представляет собой множество специального вида частиц-каустик, движущихся вместе с порождающим их первичным потоком Предсвета. Примеры решений с такого рода «фотоноподобной» структурой сингулярного множества приведены в работах В.В. Кассандрова и В.Н. Тришина (Kassandrov, Trishin, 1999); В.В. Кассандрова (2004) и др.

Предсветовой поток может рассматриваться как исключительная релятивистски-инвариантная форма *Мирового Эфира*, одинакового во всех инерциальных системах отсчета и, в отличие от старых моделей эфира (как среды, в которой *распространяется* видимый свет), самого *сформированного* светом невидимым, первичным – Предсветом.

На самом деле возникающая картина еще более интересна и впечатляюща. Дело в том, что типичная комплексная функция, описывающая первичное поле G (и получающаяся из решения алгебраического уравнения), многозначна. Естественно предположить, что для сверхсложного *Мирового решения* количество значений поля G – физических «мод» – в каждой точке или очень велико или даже бесконечно (соответствующие элементарные примеры таких функций хорошо известны из комплексного анализа). Каждая из мод определяет некоторый «предсветовой» луч, т. е. локальное направление η , вдоль которого она переносится с фундаментальной скоростью. Таким образом,

в каждой точке имеется очень большое, если не бесконечное число различных лучей, локально независимых и не влияющих друг на друга, но глобально связанных между собой через единую структуру многозначного комплексного поля G . Первичный предсветовой поток оказывается при этом состоящим из огромного числа составляющих «субпотоков», представляя собой их прямую *суперпозицию*. Каждая пара таких субпотоков глобально формирует, вообще говоря, свою систему частиц-каустик. Заметим, что интересный пример конгруэнции, имеющей *четыре* моды и демонстрирующей нетривиальную динамику частиц-каустик, описан в нашей работе (Кассандров, 2004).

4. Концепция времени: поток времени как Поток Предсвета

В представленной выше релятивистски-инвариантной версии алгебродинамики *время* может, вообще говоря, рассматриваться совершенно аналогично специальной теории относительности. Однако существование фундаментальной структуры генерирующего Потока Предсвета на самом деле выделяет локально, в каждой точке 4-мерного пространства, *особое направление*, вдоль которого первичное «эфирообразующее» поле G переносится без изменений, т. е. с 4-мерной точки зрения постоянно. Координата (монотонно возрастающий параметр) вдоль этих прямолинейных направлений-лучей может естественным образом рассматриваться как прообраз локального физического времени, а перенос поля G с фундаментальной скоростью вдоль этих направлений (в 3-мерной картине) – как *ход времени*. Предсветовой поток становится в таком случае еще и *Потоком Времени*.

Понятия Потока Времени и скорости *хода времени*, столь же естественные с субъективной точки зрения, как и представления о течении времени, о *Реке Времени* и т. п., на самом деле вообще игнорируются в парадигме ортодоксальной физики, включая СТО и ОТО. По-видимому, впервые они были введены в научное рассмотрение выдающимся русским мыслителем, физиком и астрономом Н.А. Козыревым в рамках созданной им причинной механики (Козырев, 1991). В частности, *скорость хода времени* c_2 он определял как

$$c_2 = \delta x / \delta t,$$

рассматривая δx и δt как разность соответственно пространственных и временных координат *между следствием* (т. е. некоторым событием 2) и *породившей его причиной* (событием 1). Из работ Козырева не очень ясно, считал ли он, что локальный процесс распространения причинного влияния из данной точки имеет место по *всем*, по *некоторым* или по *одному-единственному* направлению. Во всяком случае саму скорость хода c_2 он рассматривал как фундаментальную величину, аналогичную скорости света c , и даже пытался определить ее экспериментально (связывая течение времени с некоторым внутренним микро-и/или макровращательным движением). В различных работах приводятся разные значения скорости – от 700 км/с до 2000 км/с (Козырев, 1991, с. 367; с. 382). Нам трудно оценить эти эксперименты с точки зрения методики постановки; однако, что касается общей концепции, они представляются малоубедительными.

Действительно, многие положения концепции Козырева, например о «превращении времени в энергию», вообще представляются спорными и послужили одной из причин непринятия его теории официальной наукой. Во введенной в предыдущей формуле скорости хода времени тоже имеется некоторая противоречивость, поскольку она определяется через приращение самого времени δt . На наш взгляд, недоказательными являются и его аргументы в пользу того, что скорость c_2 не может быть отождествлена со скоростью света c (согласно Козыреву, эти величины имеют разные трансформационные свойства относительно пространственной и временной инверсий). Тем не менее значение теории Н.А. Козырева представляется несомненным: он первым попытался дать количественный анализ и на математическом языке описать реальные, всеми воспринимаемые свойства времени, одним из первых попытался рациональным путем *понять природу Времени*.

В изложенной выше бикватернионной алгебродинамике процесс распространения причинного влияния становится однозначно определенным и связан с переносом первичного поля G вдоль локально определяемых им самим направлений η . Скорость хода времени постоянна и является фунда-

ментальной константой, но, в отличие от теории Козырева, равна скорости света в вакууме («скорости Предсвета»). Действительно, нет никаких оснований вводить новую мировую константу c_2 , роль которой идеально выполняется уже имеющейся и определяющей релятивистскую инвариантность теории скоростью света. Таким образом, мы имеем здесь

$$c_2 \equiv c \approx 300000 \text{ км/с.}$$

Заметим, что с такой точки зрения в *теории Ньютона феномена времени как такового нет* (даже «абсолютного времени»). Возможность введения физического времени возникает лишь в эйнштейновской теории относительности, парадоксальным образом дополненной концепцией эфира, однако эфира особого, формируемого потоком Предсвета и релятивистски-инвариантного.

Какие же свойства времени могут быть поняты в рамках предлагаемой его концепции как Потока Предсвета? На самом деле понятие времени «диалектически» сочетает в себе две противоположности, будучи связано как с *изменчивостью*, так и с *повторяемостью*, с сохранением определенного набора свойств и характеристик физической системы. В нашей концепции именно *локальная абсолютная повторяемость* свойств первичного поля – генератора всей физической материи – является основной, в то время как изменчивость оказывается вторичной. Можно попытаться даже дать *определение Времени*:

Физическое Время – это особая координата (параметр, степень свободы) вдоль локально определенного в каждой точке 4-мерного пространства направления, вдоль которого единое первичное поле остается постоянным («воспроизводит» свои значения).

Время существует лишь постольку, поскольку в природе существует такого рода поле, генерирующее всю физическую материю, и соответствующее ему поле направлений. Заметим еще, что с 3-мерной точки зрения слова о «постоянстве поля» следует поменять на формулировку о «распространении», о «переносе» поля вдоль выделенных направлений с постоянной и универсальной скоростью.

Остановимся теперь на вопросе о *направленности* времени (в смысле его направленности в 3-мерном простран-

стве, а не в смысле необратимости). Как мы уже отмечали, у Козырева этот вопрос хотя и был поставлен, но убедительного ответа не получил. Действительно, если в каждой точке имеется *одно-единственное* направление причинно-следственного (временного) потока, то почему мы не определяем его субъективно и почему не видно каких-то его физических манифестаций? Если же таких направлений *несколько*, то чем они определяются? И одинакова ли скорость распространения причинно-следственных связей в разных направлениях?

В нашем подходе ответы на все эти вопросы могут быть даны с известной долей достоверности и связаны с обсуждавшейся выше *многозначностью* первичного Потока Предсвета, отождествленного выше с Потокom Времени. Следует предполагать, что в каждой точке существует очень большое (или даже бесконечное) количество мод и равное им количество направлений, вдоль которых соответствующая мода переносится. Необходимо учитывать также, что «предсветовая река» в окрестности каждой точки существенно нестационарна и даже *стохастична*. Действительно, если каждый фиксированный «световой элемент» движется с фундаментальной скоростью прямолинейно, вдоль постоянного направления, то замещающие его в данной точке элементы будут иметь уже другие направления распространения. Иначе говоря, в каждой точке будет наблюдаться стохастическая динамика локальной структуры первичного потока, хаотическое «мигание» поля направлений и множества предсветовых лучей.

По этим причинам очевидно, что и *Поток Времени локально не имеет какого-либо фиксированного направления*, которое можно было бы пытаться непосредственно выявить в эксперименте. С другой стороны, все составляющие его субпотоки, распространяющиеся в локально различных и непрерывно изменяющихся направлениях, имеют одну и ту же по величине фундаментальную скорость – «скорость Предсвета». Именно с ее постоянством и универсальностью, по нашему предположению, и связано субъективное ощущение равномерности и однородности хода Времени, его общности для всех объектов во Вселенной.

Вернемся теперь к вопросу о соотношении воспроизводимости и изменчивости как фундаментальных свойствах

времени. На самом деле положенная нами выше в основу определения времени локальная абсолютная воспроизводимость первичного поля является просто некоторым усилением свойства интегральной (глобальной) воспроизводимости, т. е. *сохранения во времени* определенного набора величин (полной энергии, импульса, заряда и др.), характеризующих физическую систему. Хорошо известно, что *законы сохранения* (наряду с принципами симметрии, связанными с ними через теорему Нетер) составляют наиболее общую и важную часть любой физической теории и, насколько мы понимаем, окружающего мира в целом. Эти законы действительно выделяют временную координату, поскольку двигаясь в пространственноподобном направлении, мы не будем, как правило, наблюдать сохранения каких-либо характеристик физической системы, даже интегральных. Наша концепция Времени заменяет определяющее его условие *глобальной* воспроизводимости (сохранения) на более жесткое условие *локальной* повторяемости, которое имеет универсальный характер, т. е. выполняется для любой моды и любой выбранной начальной точки пространства.

Что касается наблюдающейся *изменчивости* окружающего мира во времени, то она оказывается здесь вторичной, и ее происхождение имеет характер «двойного калейдоскопического» эффекта, когда из сочетаний одинаковых предэлементов выстраивается некоторое число «деталей», в свою очередь, образующих неповторимое число различных комбинаций за счет изменения относительного положения в пространстве. В нашем случае чрезвычайно простая и универсальная по внутреннему строению «Река Предсвета-Времени» в местах слияния различных составляющих ее субпотоков образует некоторый набор стандартных (тождественных по внутренним характеристикам) частиц-каустики, которые, в свою очередь, могут образовывать сложные конфигурации за счет изменения относительного расположения. Причем эти «световые вихри» могут находиться в покое или изменять взаимное расположение, а «Река Предсвета-Времени» непременно *течет*, течет *везде и всегда*.

В заключение обсудим многочисленные связи, существующие, по нашему мнению, между концепцией Времени

в алгебродинамике и теорией *генерирующих потоков* А.П. Левича (Левич, 1996; 2000; см. статью А.П. Левича в этой книге) а также концепцией И.М. Дмитриевского (Дмитриевский, 2000; см. статью И.М. Дмитриевского в этой книге). Действительно, в представлении А.П. Левича, как и в алгебродинамической парадигме, определяющую роль играют заряды-сингулярности как точки «источков» и «стоков» первичного генерирующего потока. «Заряды частиц есть динамические характеристики потоков, источниками которых являются частицы», – пишет А.П. Левич (1996, с. 279). Нам близка также его гипотеза о ходе времени как *процессе* постоянной замены *тождественных* «первоэлементов» (аналогичного процессу типа «бегущей строки») и о процессе подсчета замещающихся первоэлементов как о модели первичных часов. Однако эти представления, в остальном хорошо согласующиеся с нашей картиной частиц-каустики, «обтекаемых» Поток Предсвета-Времени и по существу являющихся первичными часами, по-видимому, требуют *дискретной* структуры потока.

Действительно, хотя механизм *формирования* самой частицы-каустики непрерывным генерирующим потоком вполне определен, процесс *восприятия* скорости хода Времени (как счета «предсветовых» элементов) осложнен непрерывной структурой потока и его предматериальной природой. Как раз в понимании этого процесса важную роль могут сыграть представления И.М. Дмитриевского о фундаментальной роли *реликтового излучения*. При этом Поток Времени предстает уже как вполне материальная сущность, и его носителем являются, по мнению Дмитриевского, *реликтовые нейтрино* (по-видимому, в качестве носителя возможно рассматривать также обычный поток реликтовых фотонов; при этом возникают многочисленные пересечения с интенсивно развивающейся *стохастической электродинамикой*). Такой вторичный поток в алгебродинамике вовсе не запрещен: он мог бы прекрасно сосуществовать с основным потоком Предсвета-Времени и состоять из «моря» частиц-каустики,двигающихся в окрестности каждой точки в различных, хаотически распределенных направлениях, но *вместе с первичным Поток, с одной и той же фундаментальной скоростью*. Выше отмечалось уже, что такого рода решения, которые можно пытаться

отождествить с фотонами или с нейтрино, были получены в нашей работе (Кассандров, 2004).

Интересно, что в таком случае *субъективно воспринимаемая* скорость хода времени является *усредненной* величиной, может не совпадать с фундаментальной скоростью, быть разной в разных областях Вселенной и, вообще говоря, меняться «со временем». Это становится очевидным, если считать, что данная скорость связана с процессом счета «приходящих» в точку наблюдения предэлементов, роль которых выполняют при этом реликтовые нейтрино или фотоны.

Пока, разумеется, все подобные рассуждения носят спекулятивный характер, однако именно в алгебродинамическом подходе открывается возможность детального количественного анализа таких сложных процессов. Путь к нему лежит через описание структуры *индивидуальной* частицы и решение проблемы *классификации* частиц, а также через более глубокое изучение геометрии 8-мерного (расширенного) пространства-времени, возникающего как следствие структуры алгебры бикватернионов, и решение проблемы физической интерпретации «лишних» измерений. К обсуждению этих вопросов, позволяющих также по-новому посмотреть на изложенные выше представления о природе времени, мы и переходим ниже.

5. Динамика частиц в комплексном пространстве-времени и значение дополнительных измерений

В поисках физического смысла четырех дополнительных измерений, определяемых комплексной структурой алгебры B , полезным оказывается представление о «виртуальном» точечном заряде, движущемся по комплексной мировой линии. Оно было предложено Е.Т. Ньюменом (Lind, Newman, 1974; Newman, 2002; 2004) в связи с поисками решений уравнений Эйнштейна и Эйнштейна–Максвелла и в общем контексте исследований комплексного расширения пространства-времени и комплексификации физических (в том числе электромагнитных) полей (Newman, 1973).

Рассмотрим воображаемый точечный заряд, движущийся по комплексной «мировой линии» $Z_a = Z_a(\sigma)$, где $\{Z_a\}$, $a=1,2,3$ – три «пространственные» комплексные координаты.

ты, σ – комплексное «время». Пусть этот заряд непрерывно «испускает» прямолинейные «светоподобные» лучи, т. е. некоторое поле (у нас – поле G), распространяющееся по «комплексным» прямым от заряда с фундаментальной скоростью c . Рассмотрим теперь *ограничение* этого поля (и соответствующего ему поля направлений η , см. (12)) на действительный «срез» этого 4-мерного комплексного пространства, т. е. на пространство Минковского M . Тогда на этом «срезе» возникает конгруэнция лучей именно рассмотренного выше вида – *бессдвиговая* изотропная конгруэнция, – и соответствующие ей особенности-*каустики*.

В простейшем случае, если генерирующий заряд q покоится в «Зазеркалье» на расстоянии a от физического «среза» M , на нем возникает хорошо известная в общей теории относительности двузначная «закрученная» *конгруэнция Керра* с особенностью в виде кольца радиуса a , соответствующая решению (15). В ОТО и в прежней версии алгебродинамики это кольцо рассматривалось в качестве модели электрона.

Однако неясно, как с помощью данного представления можно получить решения с *большим числом* точечных или устойчивых кольцевых особенностей, поскольку принцип суперпозиции выполняется только для электромагнитных полей, порождаемых этими особенностями, но не для самих конгруэнций. Более того, конгруэнция, генерируемая «зарядом-маткой», движущимся по комплексной кривой *общего вида*, имеет на M , как правило, неустойчивые и/или неограниченные в 3-мерном пространстве особенности «струнного» типа (Кассандров, 2005).

Таким образом, основная проблема состоит в том, чтобы найти возможность построения бессдвиговых конгруэнций с очень большим (или даже бесконечным) числом *изолированных, ограниченных* в 3-мерном пространстве и (с точностью до перестроек-взаимопревращений) *устойчивых* особенностей. Для этого следует попытаться найти обобщение представления «заряда-матки» Ньюмена. В недавней работе автора (Кассандров, 2005) с этой целью в качестве частиц рассматривались особенности более «сильного» типа, чем каустики, а в качестве физического «среза» – пятимерное пространство-время, получаемое *комплексификацией физического времени*. Этот подход позволяет получить на таком

пятимерном «срезе» систему устойчивых точечных сингулярностей-частиц («маркеонов»), в то время как дополнительная пятая координата остается постоянной вдоль каждого из лучей конгруэнции и не вносит вклада в наблюдаемую метрику, остающуюся 4-мерной метрикой Минковского.

Однако такой подход, по-видимому, является недостаточным, поскольку вид взаимодействия между близко расположенными маркеонами не имеет универсального характера (частицы не «чувствуют» присутствия друг друга). Кроме того, скорость маркеонов может превышать скорость света («тахинное» поведение). Наконец, с точки зрения общих алгебродинамических представлений, всякое допущение или ограничение, не мотивированное внутренней математической структурой, в том числе и ограничение 8-мерного пространства алгебры B 5-мерным «срезом», является крайне нежелательным. Ниже мы представляем другой подход, использующий уже полную структуру комплексного пространства-времени.

Вернемся к представлению Ньюмена и предположим, что «Мировое решение» отвечает именно одной из таких бессдвиговых конгруэнций, которые генерируются движущимся в CM точечным «зарядом-маткой». В матричном виде эта «Мировая линия» (вообще говоря, чрезвычайно сложного вида) имеет вид $Z=Z(\sigma)$, где четыре комплексные координаты $\{Z_{AB}\}$, $A, B=1, 2$ зависят от одного свободного комплексного параметра σ (аналога собственного времени, см. ниже).

Рассмотрим теперь произвольную точку $Z \in CM$ и потребуем, чтобы «световой сигнал» приходил в эту точку от «заряда-матки» в каком-то его положении, отвечающем некоторому значению параметра σ . Математически это означает, что «точка приема» Z и «точка влияния» $\check{Z}(\sigma)$ лежат на «комплексном световом конусе» друг от друга,

$$\det \|Z - \check{Z}(\sigma)\| = 0 \quad (17)$$

Это, в свою очередь, означает, что существует нетривиальное решение линейной системы уравнений

$$(Z - \check{Z}(\sigma))\xi = 0 \quad (18)$$

определяющее *отношение* двух компонент спинора ξ , например, как и прежде, функцию $G = \xi_2 / \xi_1$. При этом G , как и две другие твисторные компоненты $\tau = Z\xi = Z(\sigma)\xi$ *оказываются одинаковыми* в каждый «момент времени» σ

в «точке приема» и в «точке влияния». Именно существование таких корреляций и должно обеспечить универсальный вид взаимодействия между различными зарядами.

В развернутом виде два уравнения (18) выглядят следующим образом:

$$\begin{cases} (u - \check{u}(\sigma)) + (w - \check{w}(\sigma))G = 0, \\ (p - \check{p}(\sigma)) + (v - \check{v}(\sigma))G = 0. \end{cases} \quad (19)$$

Здесь $\{u, w, p, v\}$ – комплексные матричные координаты, определяемые вместе с «декартовыми» следующим образом:

$$Z = \begin{pmatrix} u & w \\ p & v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_0 - iz_3 & -iz_1 - z_2 \\ -iz_1 + z_2 & z_0 + iz_3 \end{pmatrix} = z_0 + z_a e_a, \quad (20)$$

где $\{e_a\}$, $a=1,2,3$ – три «кватернионные» единицы с законом умножения (5). При этом между тремя твисторными компонентами $\{G, \tau^1, \tau^2\}$ и свободным параметром имеются, очевидно, две связи

$$\begin{cases} \tau^1 = \check{u}(\sigma) + \check{w}(\sigma)G \\ \tau^2 = \check{p}(\sigma) + \check{v}(\sigma)G \end{cases} \quad (21)$$

Исключая из (21) параметр σ , приходим к некоторой функциональной связи между твисторными компонентами $\Pi(G, \tau^1, \tau^2) = 0$. Это, в свою очередь, в соответствии с теоремой Керра (см. (13), раздел 3) означает, что построенное (для генерирующего «заряда-матки», двигающегося по произвольной комплексной Мировой линии) твисторное поле действительно определяет некоторую бессдвиговую изотропную конгруэнцию. Наоборот, подстановка τ^1, τ^2 из (21) тождественно обращает в нуль функцию Π при произвольном значении поля G . Это означает, что для любой моды фундаментального поля его значение в точке нахождения самого заряда не определено, что очевидно также и из самих уравнений (19).

С геометрической точки зрения, каждый комплексный луч бессдвиговой конгруэнции для любой из мод направлен по прямой к вершине светового конуса, т. е. «от» или «к» заряду, который поэтому может рассматриваться как фокальная точка системы комплексных предсветовых лучей. В качестве иллюстрации уместно вспомнить статическое

«кулоновское» решение (15) с неопределенным на точечной сингулярности полем G и с радиальной системой лучей конгруэнции.

Исключая теперь само поле G из уравнений (19), возвращаемся к уравнению комплексного светового конуса (17), которое в развернутом виде выглядит следующим образом:

$$(u - \check{u}(\sigma))(v - \check{v}(\sigma)) - (w - \check{w}(\sigma))(p - \check{p}(\sigma)) = 0, \quad (22)$$

или, в комплексных декартовых координатах, определенных в (20), как

$$(z_0 - \check{z}_0)^2 + (z_1 - \check{z}_1)^2 + (z_2 - \check{z}_2)^2 + (z_3 - \check{z}_3)^2 = 0. \quad (23)$$

Вообще говоря, для пространства Минковского это уравнение хорошо известно в теории поля, в том числе в электродинамике, как уравнение запаздывания. В действительных декартовых координатах на M оно принимает вид

$$c^2(t-s)^2 - (x - \check{x}(s))^2 - (y - \check{y}(s))^2 - (z - \check{z}(s))^2 = 0, \quad (24)$$

где выбрана параметризация $\check{t}(\sigma) = s \in R$, а заряд движется по действительной мировой линии $\{\check{x}(s), \check{y}(s), \check{z}(s)\}$. Из уравнения (24) находится «прошедший» момент времени s и отвечающее ему «предшествующее» положение заряда, которое и определяет электромагнитное поле (т. н. поле Лиенара-Вихерта) в точке наблюдения $\{x, y, z, t\}$. В курсе электродинамики доказывается, что (для частиц, движущихся со скоростями, меньшими скорости света) в пространстве Минковского уравнение (24) всегда имеет только один «физический» корень, для которого $s \leq t$ (другой корень, для которого $s \geq t$, определяющий «опережающее» воздействие, как правило, отбрасывают по соображениям «причинности»). В частности, для точки, принадлежащей траектории заряда, имеем, очевидно, лишь тривиальное решение $s = t$ (время запаздывания равно нулю).

Ситуация кардинально меняется и становится совершенно нетривиальной в комплексном пространстве-времени. Действительно, при достаточно сложной мировой линии одного заряда для каждой точки приема уравнение (22) или (23) имеет много комплексных корней, фиксирующих (для виртуального «наблюдателя» в CM) целую совокупность точек влияния, т. е. образов одного и того же заряда-матки, определяющих поле в данной точке и воспринимающихся поэтому «наблюдателем» как ансамбль тождественных, но различных по положению и динамике зарядов.

Можно посмотреть на ту же ситуацию и с другой точки зрения. Поместим точку наблюдения на мировую линию заряда, т. е. положим $Z=Z(\tilde{\sigma})$, где, вообще говоря, $\tilde{\sigma} \neq \sigma$. Тогда в комплексном случае для каждого σ уравнение (22) имеет, кроме тривиального $\tilde{\sigma}=\sigma$, еще много других решений. Мы опять, таким образом, приходим к совокупности «образов» одного и того же заряда, воспринимаемых теперь уже *движущимся вместе с одним из зарядов наблюдателем* в качестве ансамбля тождественных, но различно расположенных точечных зарядов, взаимно влияющих друг на друга. Ниже для краткости будем называть его *коррелированным ансамблем* (КА). Причем, как было показано выше, все члены КА представляют собой фокальные точки фундаментальной конгруэнции комплексных лучей.

Каждое значение параметра σ и соответствующего ему положения генерирующего заряда $Z(\sigma)$ отвечает фиксированному по отношению к нему положению остальных зарядов КА и с точки зрения «наблюдателя σ » *соответствует одному и тому же моменту его собственного времени*. При этом другие члены КА обладают, по мнению «наблюдателя σ », другими значениями (комплексного) собственного времени $\tilde{\sigma}$, которые могут соответствовать точкам Мировой линии, как *будущим*, так и *прошлым* по отношению к (*текущему*) моменту σ . Вся «временная» динамика связана с непрерывным изменением этого параметра вдоль некоторой комплексной кривой (пока естественно предполагать ее аналитической). При этом члены КА – образы «генерирующего заряда» – могут двигаться как навстречу ему вдоль Мировой линии, так и в том же, что и он, направлении. Попытное во времени движение может, по-видимому, быть ответственно за описание *античастиц*, поскольку при этом в некоторый момент σ может произойти слияние такого заряда с движущимся в нормальном направлении – *аннигиляция* зарядов (этот момент соответствует *кратным корням* уравнения конуса (22)).

Как и в действительном случае, параметризуем теперь Мировую линию таким образом, чтобы $\tilde{z}_0(\sigma) \equiv \tilde{t}(\sigma) = \sigma$. Тогда эта (комплексная) *координата* генерирующего заряда, отождествленная с *параметром эволюции* σ , также может быть интерпретирована как его (комплексное) *собственное время*. Причем поскольку все другие члены КА двигаются,

как мы предположили, по *одной и той же Мировой линии*, то *изменение* значения характеризующих их положение параметров $\Delta\tilde{\sigma}$ хотя и будет отличаться друг от друга и от исходного $\Delta\sigma$, тем не менее тоже будет равно изменению значений $\Delta\tilde{z}_0$ соответствующей каждому из зарядов координаты $\tilde{z}_0 \equiv \tilde{t}$. Мы приходим, таким образом, к выводу о том, что именно нулевая координата (являющаяся одним из инвариантов координатной матрицы – ее *следом*) может рассматриваться как параметр эволюции КА (и соответствующего ему поля) и выступать аналогом *собственного времени* как «частицы-наблюдателя», так и всех остальных «воспринимаемых» им образов-частиц. Ниже будут приведены и другие соображения в пользу такого вывода.

Предположим теперь, что Мировая линия наблюдателя (и соответственно, всех его образов) является *изотропной*,

$$\Delta z_0^2 + \Delta z_1^2 + \Delta z_2^2 + \Delta z_3^2 = 0, \quad (25)$$

что означает, что все заряды движутся в *СМ* со скоростью, по модулю равной скорости света. Отметим, что кинематика и динамика в 3+3 пространстве, основанная на предположении об *изотропности* мировых линий всех точечных частиц в этом пространстве и приводящая к лоренц-инвариантным соотношениям при *проектировании* на «физическое» 3-мерное пространство, рассматривалась в серии работ И.А. Урусовского (1996; 1999 и др.). Заметим также, что изотропные комплексные кривые соответствуют *кривым в твисторном пространстве* CP^3 и могут быть получены из них с помощью специального отображения (Shaw, 1985).

Рассмотрим теперь естественную редукцию полного комплексного пространства B к *физическому* пространству-времени. Естественно предположить, что как координаты, так и приращения координат *всех элементов материи*, влияющих на «наблюдателя» и «воспринимаемых» им, на самом деле принадлежат *комплексному световому конусу* наблюдателя. Выделяя действительную и мнимую часть в комплексном уравнении для приращений (25), имеем пересечение двух «квадрик» вида

$$\Delta x_0^2 + \Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2 = \Delta y_0^2 + \Delta y_1^2 + \Delta y_2^2 + \Delta y_3^2 \equiv \Delta t^2, \quad (26)$$

$$\Delta x_0 \Delta y_0 + \Delta x_1 \Delta y_1 + \Delta x_2 \Delta y_2 + \Delta x_3 \Delta y_3 = 0 \quad (27)$$

между приращениями координат $\Delta z_0 = \Delta x_0 + i\Delta y_0$, $\Delta z_a = \Delta x_a + i\Delta y_a$, $a=1, 2, 3$ и, согласно (22), аналогичные связи между самими координатами «образов» относительно «наблюдателя». В соответствии с (26, 27), комплексный световой конус имеет топологию $R \times S^3 \times S^2$ и параметризуется одной неотрицательной координатой (4-мерным евклидовым расстоянием Δt), тремя координатами 3-мерной сферы S^3 и двумя координатами ортогонального к ней в соответствии с (27) пространства 2-мерной сферы S^2 (например, двумя углами Эйлера).

Естественно рассматривать метрику (26) основного 4-мерного евклидова пространства, совпадающую с метрикой ортогонального ему пространства, в качестве промежутка *координатного времени* Δt . Координаты $\{x_1, x_2, x_3\}$ (и соответствующие их приращения) образуют при этом 3-мерное физическое пространство, а Δx_0 , как уже было отмечено, играет роль промежутка *собственного времени*. Наконец, две независимые угловые координаты ортогонального пространства сферы S^2 могут рассматриваться как внутренние, описывающие *направление спина* точечной сингулярности.

Группой симметрий (*автоморфизмов*) алгебры B является 6-параметрическая группа вращений 3-мерного комплексного пространства $SO(3, C)$, изоморфная группе Лоренца (отметим в этой связи концепцию *3-мерного времени* А.П. Ефремова (Yefremov, 1995a; 1995b и др.) При преобразованиях из этой группы компонента Δz_0 (а следовательно, и Δx_0) не меняется, поэтому условие (26) можно рассматривать как определение *инвариантного интервала пространства-времени Минковского*

$$\Delta x_0^2 = \Delta t^2 - \Delta x_1^2 - \Delta x_2^2 - \Delta x_3^2. \quad (28)$$

Отметим, что 4-мерное евклидово пространство с физическим временем в качестве метрики, играющим роль *параметра* движения, предлагалось в качестве альтернативы пространству Минковского в серии интересных работ Дж.М.К. Монтануса (Montanus, 1999 и др.) и Дж.Б. Альмейды (Almeida, 2004 и др.). Однако именно структура автоморфизмов алгебры B обеспечивает инвариантность «интервала», отождествляемого с промежутком собственного времени Δx_0 .

Обсудим теперь подробнее комплексную природу «времени», возникающего в теории. «Ход» времени, опреде-

ляющий изменение координат «образов» относительно «наблюдателя», связан с непрерывным изменением параметра σ *вдоль некоторой комплексной кривой* $\sigma = \sigma(s)$, $s \in R$. В качестве параметра кривой s может быть, например, использована *длина* этой кривой; тогда для приращений имеем, очевидно, $(\Delta s)^2 = (\Delta \sigma_1)^2 + (\Delta \sigma_2)^2$, где $\Delta \sigma_1 = \Re(\sigma)$, $\Delta \sigma_2 = \Im(\sigma)$. Именно изменение вещественного параметра s и является первопричиной всей динамики в картине мира, фиксируемой «наблюдателем». При этом соотношение между промежутками собственного времени наблюдателя $\Delta x_0 = \Delta \sigma_1$ и «внутреннего» собственного времени $\Delta y_0 = \Delta \sigma_2$ зависит, помимо Δs , еще и от конкретного вида основной *кривой эволюции* $\sigma = \sigma(s)$. В свою очередь, эти промежутки, согласно (26) связаны с 3-мерными скоростями движения частицы в основном (v) и ортогональном (u) пространствах и с промежутком (общего для обоих пространств) координатного времени Δt следующим, каноническим для теории относительности, образом:

$$\Delta x_0 = \Delta t \sqrt{1 - v^2}, \quad \Delta y_0 = \Delta t \sqrt{1 - u^2},$$

причем уменьшению модуля основной скорости v всегда сопутствует увеличение «сопряженной» скорости u и наоборот. Разумеется, в соответствии с (26) обе скорости никогда не могут превышать по модулю фундаментальную скорость $c=1$.

Таким образом, относительное расположение всех элементов «материи» во Вселенной и его изменение (динамика) с точки зрения «материального» наблюдателя, связанного с одной из точечных частиц-сингулярностей, полностью определяются собственной Мировой линией этого наблюдателя $Z=Z(\sigma)$ в 8-мерном комплексном пространстве и видом кривой эволюции $\sigma = \sigma(s)$, обусловленной *комплексной природой времени*. Эта кривая связывает динамику в основном пространстве с динамикой в ортогональном ему (с физической точки зрения, соответствующей *изменению направления* спина частиц), вносит элемент *неопределенности* в непосредственно наблюдаемое относительное движение частиц в основном пространстве и поэтому может оказаться ответственной за проявления квантовых свойств частиц. С другой стороны, Мировая линия наблюдателя сама по себе порождает ансамбль тождественных частиц –

«образов» первичного «заряда-матки» в разных точках собственной траектории – с коррелированным движением и взаимодействием, определяемыми одинаковыми значениями первичного твисторного поля.

Более подробное рассмотрение кинематики и динамики частиц на фоне комплексного пространства алгебры бикватернионов будет продолжено в следующих работах. Представляется, что именно исследование комплексной кватернионной геометрии (наряду с работами Сахарова, Монтануса, Альмейды, Урусовского и др.), позволит установить истинную геометрию физического пространства-времени (даже в основе отличную, возможно, от геометрии Минковского), выяснить динамический и геометрический смысл дополнительных размерностей и природу физических взаимодействий. Основным руководящим принципом исследования при этом должно быть неуклонное следование естественной логике исследуемых абстрактных структур, логике, не подверженной каким-либо субъективным предпочтениям или господствующим в настоящее время в физике парадигмам. Только на таком пути можно рассчитывать на глубокое проникновение в подлинную структуру физического Мира и на понимание природы Времени в том числе.

Автор признателен участникам семинара по изучению феномена времени и его руководителю А.П. Левичу за постоянную поддержку и интерес к работам. Он благодарен В.Н. Журавлеву, С.В. Зуеву, В.Н. Тришину и Л.С. Шихобалову за полезные обсуждения и замечания.

ЛИТЕРАТУРА

- Березин А.В., Курочкин Ю.А., Толкачев Е.А. Кватернионы в релятивистской физике. Минск: Наука, 1989. 247 с.
- Буринский А.Я. Струны в метриках Керра-Шилда // Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. Вып. 11 / Под ред. К.П. Станюковича. М.: Атомиздат, 1980. С. 47–60.
- Владимиров Ю.С. Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий. М.: Изд-во МГУ, 1987. 215 с.
- Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Части I, II. М.: Изд-во МГУ, 1996. 140 с.; 1998. 448 с.
- Вишневский В.В., Широков А.П., Шурыгин В.В. Пространства над алгебрами. Казань: Изд-во КГУ, 1985. 345 с.

- Дмитриевский И.М. Новая фундаментальная роль реликтового излучения в физической картине мира // Полигнозис. 2000. № 1. С. 38–59.
- Кассандров В.В. Алгебраическая структура пространства-времени и алгебродинамика. М.: Изд-во Университета дружбы народов, 1992. 152 с.
- Кассандров В.В. Алгебродинамика: кватернионы, твисторы, частицы // Вестник РУДН. Физика. 2000. Т. 8. № 1. С. 34–45; www.gordon.ru
- Кассандров В.В. Число, время, свет // Математика и практика. Математика и культура. Вып. 2. Ред. М.Ю. Симаков. М.: Самообразование, 2001. С. 61–76. www.chronos.msu.ru; www.gordon.ru
- Кассандров В.В. Алгебродинамика: «Предсвет», частицы-каустики и поток времени // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2004. Т. 1. № 1. С. 91–107; www.chronos.msu.ru; www.gordon.ru
- Кассандров В.В. Алгебродинамика: кватернионный код Вселенной // Сборник трудов семинара «Метафизика» / Под ред. Ю.С. Владимиров. М.: Бином, 2005 (в печати).
- Козырев Н.А. Избранные труды. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 445 с.
- Кулаков Ю.И. Теория физических структур. М.: Юниверс Контракт, 2005. 847 с.
- 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 / Под ред. А.П. Левича. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 235–288.
- Левич А.П. Рождение парадигмы открытого, генерируемого «временем» Мира // Теоретические проблемы экологии и эволюции. Тольятти, 2000. С. 103–113.
- Пенроуз Р., Риндлер В. Спиноры и пространство-время. Т. II: Спинорные и твисторные методы в геометрии пространства-времени. М.: Мир, 1988. 574 с.
- Сахаров А.Д. Космологические переходы с изменением сигнатуры метрики // ЖЭТФ. 1984. Т. 87. С. 375–383.
- Урусовский И.А. Шестимерная трактовка релятивистской механики и спина, метрической теории тяготения и расширения Вселенной // Зарубежная радиоэлектроника. 1996. № 3. С. 3–21.
- Урусовский И.А. Шестимерная трактовка кварковой модели нуклонов // Зарубежная радиоэлектроника. 1999. № 6. С. 64–74.
- Фридман В.Я. Теория кентавров и структура реальности. М.: II-Центр, 1996. 192 с.
- Almeida J.B. An alternative to Minkowski space-time // Preprint. 2004. www.arXiv.org/ gr-qc/ 0104029.

Burinskii A.Ya. Complex Kerr geometry and nonstationary Kerr solutions // Physical Review D. 2003. V. 67. P. 12024–12027.

Debney G., Kerr R.P., Schild A. Solutions of the Einstein and Einstein-Maxwell equations // Journal of Math. Physics. 1969. V. 10. P. 1842–1856.

Kassandrov V.V. Biquaternionic electrodynamics and Weyl-Cartan structure of space-time // Gravitation & Cosmology. 1995. V. 1. № 3. P. 216–222; www.arXiv.org/gr-qc/0007027

Kassandrov V.V., Trishin V.N. «Particle-like» singular solutions in Einstein-Maxwell theory and in algebraic dynamics // Gravitation & Cosmology. 1999. V. 5. № 4. P. 272–276; www.arXiv.org/gr-qc/0007026

Kassandrov V.V. General solution of the complex eikonal equation and the «algebroidynamical» field theory // Gravitation & Cosmology. 2002. V. 8. Suppl. 2. P. 57–62; www.arXiv.org/math-ph/0311006

Kassandrov V.V., Rizcalla J.A. Particles as field singularities in the unified algebraic dynamics // Geometrical and topological ideas in modern physics. Ed. V.A. Petrov. Protvino: Institute for high energy physics. 2002. P. 199–212.

Kassandrov V.V. Singular sources of Maxwell fields with self-quantized electric charge. // Has the last word been said on classical electrodynamics? Eds. A. Chubykalo, V. Onoichin, A. Espinoza, R. Smirnov-Rueda. Rinton Press. 2004. P. 42–67; www.arXiv.org/physics/0308045

Lind R.W., Newman E.T. Complex Lienard-Wiechert potentials // Journal of Math. Physics. 1974. V. 15. P. 1103–1114.

Montanus J.M.C. Proper time physics. // Hadronic Journal. 1999. V. 22. P. 625–673.

Newman E.T. Maxwell's equations and complex Minkowski space // Journal of Math. Physics. 1973. V. 14. P. 102–103.

Newman E.T. Classical, geometric origin of magnetic moments, spin-angular momentum, and the Dirac gyromagnetic ratio // Physical Review D. 2002. V. 65. P. 104005–104018; www.arXiv.org/gr-qc/0201055

Newman E.T. Maxwell fields and shear-free null geodesic congruences // Classical and Quantum Gravity. 2004. V. 21. P. 1–25.

Shaw W.T. Twistors, minimal surfaces and strings // Classical and Quantum Gravity. 1985. V. 2. P. L113–L119.

Scheffers G. Verallgemeinerung der Grundlagen der gewöhnlichen komplexen Funktionen. Berichte Sachs. Acad. Wissen. 1893. Bd. 45. P. 828–842.

Yefremov A.P. Quaternionic relativity. I. Inertial motion // Gravitation & Cosmology. 1995a. V. 2. № 1. P. 77–83.

Yefremov A.P. Quaternionic relativity. II. Non-inertial motion // Gravitation & Cosmology. 1995b. V. 2. № 4. P. 335–341.

ГЛАВА VI

Сергей М. Коротаев

Институт геоэлектромагнитных исследований

Института физики Земли РАН;

кафедра причинной механики

Web-Института исследований природы времени

<http://www.chronos.msu.ru>; serdyuk@izmiran.ru

Козыревское время и макроскопическая нелокальность*

Основным постулатом причинной механики является признание фундаментальной необратимости времени. Это приводит к новому типу универсального взаимодействия необратимых процессов, которое, парадоксальным образом, может идти в обратном времени. Эксперименты Н.А. Козырева, демонстрирующие эту возможность, долго вызывали сомнение из-за их недостаточной строгости. Но недавно синтез идей причинной механики и теории прямого межчастичного взаимодействия позволил представить козыревское взаимодействие как проявление квантовой нелокальности в макропределе. Поставлена серия экспериментов по проверке этой гипотезы на современном уровне строгости. В результате подтверждено существование корреляций практически изолированных необратимых процессов. Их нелокальный характер проверен нарушением неравенств типа Белла. Наиболее важным оказалось обнаружение опережающих корреляций для неконтролируемых (естественных) процессов. Это дает возможность в некотором смысле наблюдения неконтролируемого будущего. Уровень корреляции и время опережения достаточны для использования эффекта макроскопической нелокальности для прогноза некоторых крупномасштабных геофизических и астрофизических процессов. На этой основе разработан метод долгосрочного прогноза геомагнитной активности.

Ключевые слова: *время, нелокальность, необратимость, диссипация, причинность, прогноз.*

1. Введение

Важнейшей чертой времени, обуславливающей то внимание, которое оно приковывает к себе на протяжении всей истории науки, является его необратимость. Будучи во многих отношениях неотличимым от пространственных измере-

* Работа поддержана грантом РФФИ № 05-05-64032а.

ний, буквально перемешиваясь с ними в формулах теории относительности, время отличается фатальной однонаправленностью. При этом все фундаментальные уравнения физики одинаково справедливы и для прямого, и для обратного направления времени! Обычное разрешение этого парадокса заключается во введении неравновесных (асимметричных) начальных условий. Тогда необратимость становится свойством не времени, а конкретных систем. Последовательное проведение этой идеи (строго никем, правда, не проделанное) приводит к исходному космологическому начальному условию такого рода – Большому взрыву. Причина явной, универсальной, вопиющей необратимости времени при этом изгоняется из повседневной практики в предельно отдаленное и экспериментально неverifiedируемое прошлое. Психологически такой путь «изгнания проблемы» понятен, но физически неудовлетворителен. С одной стороны, он просто не верен для слабого взаимодействия, поскольку Т-неинвариантность распадов нейтральных каонов – твердо установленный факт. С другой – просто необходимо проверить, к каким конкретным последствиям приведет допущение об асимметрии времени.

Более 40 лет назад Н.А. Козырев предложил концепцию активного времени, развитую им в рамках подхода, названного причинной механикой (Козырев, 1991). Исходным положением причинной механики является признание фундаментальной асимметрии времени. Связь принципов симметрии с законами сохранения (теоремы Нетер и их квантовые аналоги) ведет к нарушению закона сохранения энергии. Н.А. Козырев трактовал такое нарушение как «возникновение энергии у самого времени». Тем самым время становится из обычного реляционного субстанциональным понятием. Экспериментально верифицируемые следствия причинной механики можно разделить на два класса.

Во-первых, причинная механика формально предсказывает возникновение в гироскопе, возбужденном некоторым необратимым (диссипативным) процессом, парных сил, действующих вдоль оси вращения. Эти силы, названные силами причинности, малы, но вполне измеримы (например, для такого гироскопа, как Земля, они достигают 10^{-5} силы тяжести). Эксперименты с гироскопическими системами, выполненные Н.А. Козыревым в 1950–60-х годах,

подтверждали не только существование сил причинности, но и подтвердили порядок теоретической оценки основной константы теории – псевдоскаляра $c_2 \approx +2200$ км/с в правой системе координат. Эти результаты встретили отрицательную реакцию физического истеблишмента, но в то же время никто не указал на конкретную ошибку и никто не взял на себя труд повторить эксперимент. Повторение было сделано много позже (Hayasaka, Takeuchi, 1989), совершенно независимо (авторы не знали о работах Н.А. Козырева) с позитивным и количественно близким результатом. Правда, введение диссипации в гироскопе произошло неосознанно. Другие авторы (Faller et al., 1990; Nitschke, Wilmarth, 1990; Quinn, Picard, 1990; Imanishi et al., 1991) с целью повышения добротности системы минимизировали диссипацию и получили отрицательный результат. Напротив, осознанное введение диссипации приводило к воспроизводству козыревских результатов (Savage, 1985; 1986). Введение рассчитанного на основе теории Н.А. Козырева распределения силы причинности на вращающейся Земле позволило объяснить казавшуюся случайной зональную асимметрию в ее фигуре, геологическом строении и атмосферной циркуляции (Arushanov, Korotaev, 1996). Последние работы в этом направлении показали, что введение силы причинности в систему уравнений, используемых для метеорологических прогнозов, ведет к улучшению их качества, причем особенно для долгосрочных прогнозов (Арушанов, Горячев, 2003).

Во-вторых, энергия времени приводит к тому, что необратимые (диссипативные) процессы идут не просто во времени, но и «с помощью времени». Такого рода активность времени влечет взаимодействие между любыми диссипативными процессами. Н.А. Козырев (1991) поставил обширную серию экспериментов, которые продемонстрировали необычные свойства этого взаимодействия, например возможность опережающих корреляций для неконтролируемых (неуправляемых наблюдателем) процессов (Козырев, Насонов, 1978, 1980). Однако его результаты встретили также противоречивую реакцию из-за сомнений в чистоте экспериментов и из-за слабой формализации теории. Действительно, если сила причинности введена Н.А. Козыревым на основе полуклассических, но вполне формальных аргументов, вза-

имодействие процессов предсказано только качественно. В частности, сомнения встретило использование им таких неопределенных понятий, как «причина», «следствие», «прочность причинных связей», в качестве операциональных. Уровень строгости экспериментов Н.А. Козырева по исследованию нового типа взаимодействия процессов действительно был невысок. Несмотря на то что эксперименты такого рода были успешно воспроизведены в разных лабораториях (Savage, 1985; 1986; 1987; Лаврентьев и соавт., 1990; 1991; 1992; Zhirblis, 1996), отсутствие формализованной проверяемой модели и уровень строгости самих экспериментов (как правило, даже ниже, чем у Н.А. Козырева) не позволили сделать выводы убедительными.

Тем не менее этот второй аспект причинной механики представляется наиболее интересным, глубже раскрывающим ее неклассичность и перекликающимся с другими новейшими направлениями физики – теорией прямого межчастичного взаимодействия и квантовой нелокальностью. Кроме того, он позволяет по-новому взглянуть на ряд необычных – статистически достоверных, но невозможных с классической точки зрения корреляций некоторых астрофизических, геофизических, лабораторных физико-химических и биофизических процессов. Именно этому аспекту посвящен настоящий обзор. Основное содержание посвящено экспериментам, выполненным, наконец, на современном уровне строгости в 1996–2003 гг. Дополнительным базисом этих экспериментов послужила предшествующая формализация исходных положений причинной механики, касающаяся самого понятия причинности (Korotaev, 1993). Эта формализация вылилась в разработку аппарата причинного анализа, пригодного не только для изучения проблемы времени, но и для вполне утилитарного применения в обработке и интерпретации данных любого физического эксперимента, направленного на изучение неизвестных или известных, но зашумленных, причинных связей (Коротаев, 1992; Хачай и соавт., 1992; Коротаев и соавт., 1992; 1993; Коротаев, 1995). Формальное определение причинности позволило установить соответствие постулатов причинной механики и теории прямого межчастичного взаимодействия и указать на трактовку козыревского взаимодействия процессов как возможного проявления кванто-

вой нелокальности. Это дало почву для обоснования эвристической модели явления (Коротаев и соавт., 1998). Наличие модели позволило построить теорию некоторых детекторов козыревского типа, осознанно принять меры к исключению воздействия классических помех и количественно интерпретировать эксперименты.

В настоящем обзоре кратко излагается принятый теоретический подход и описываются результаты экспериментов. Опубликованные результаты (Дворук и соавт., 1998; Коротаев и соавт., 1998; Korotaev et al., 1999; Коротаев и соавт., 2000; Korotaev et al., 2000; Коротаев и соавт., 2002; 2003; Korotaev et al., 2003a; 2003b) излагаются сжато, новейшие – более подробно.

2. Теория

Обобщение экспериментальных результатов Н.А. Козырева (Korotaev, 1996; Коротаев и соавт., 1998) указывает, что изучаемое взаимодействие (корреляция) процессов носит существенно нелокальный характер.

В этом месте сделаем необходимое терминологическое отступление. Под нелокальностью понимается связь пространственно-разделенных состояний или процессов без посредства локальных носителей взаимодействия. Такие состояния называются запутанными, в том смысле, что различные подсистемы имеют общую нефакторизуемую волновую функцию. В квантовой механике принято называть такие связи нелокальными корреляциями, но не взаимодействием, поскольку они не могут существовать отдельно от какого-либо из четырех известных фундаментальных взаимодействий. Корреляция тоже не лучший термин, поскольку не обязательно возникает из прямой физической связи, которая имеет место в явлении нелокальности. Поэтому в англоязычной литературе для такого рода специфического взаимодействия все чаще употребляют термин не «interaction», а «transaction». Последний термин в русском языке, однако, уже занят финансистами, поэтому далее в уместных случаях мы будем все же говорить о взаимодействии.

Именно из-за отсутствия локальных носителей взаимодействия квантовая нелокальность, не вступая в противоречие с теорией относительности, допускает мгновенную

связь подсистем. Точнее: допустим любой сдвиг времени (положительный, нулевой, отрицательный), не превышающий по модулю классического запаздывания. Важно, что эта ситуация моделируется парой сигналов со световой скоростью, но идущих в противоположном времени. Эти сигналы обеспечивают запаздывающую, симметричную по сдвигу времени, опережающую, а при наличии условий для их интерференции – мгновенную корреляцию подсистем. Если обе подсистемы контролируются наблюдателем, регистрируется только запаздывающая корреляция (невозможно организовать «телеграф в прошлое»).

Н.А. Козырев не употреблял термина «нелокальность», но подчеркивал, что при связи процессов «через физические свойства времени» ничего не распространяется, поэтому она может быть мгновенной. Точнее, такого рода связь теоретически осуществляется через нулевой интервал парой сигналов с временным сдвигом обоого знака (Козырев, 1980) – в точности как в явлении нелокальности. В упомянутых же экспериментах для контролируемого процесса-источника наблюдалась запаздывающая реакция пробного процесса, а для неконтролируемого наблюдалась также мгновенная и симметричная по сдвигу времени опережающая реакция. Таким образом, происходило нарушение сильной причинности (полного запрета опережения следствия относительно причины) при сохранении слабой (запрета опережения следствия относительно причины, инициированной наблюдателем), характерное для квантовой нелокальности (Cramer, 1980). Однако обычно считается, что квантовая нелокальность наблюдается только на микроуровне. Для козыревских корреляций, кроме макроскопических масштабов процессов, свойственна их диссипативность. Последняя же, как известно, ведет к декогеренции и, следовательно, подавлению квантовых корреляций. Но теоретические работы последних лет показывают, что, во-первых, квантовая нелокальность асимптотически сохраняется при переходе к сильному макропределу – неограниченному увеличению числа частиц в системе или их спина (Horne, Majumdar, 1995), а во-вторых, диссипативность радиационных процессов при наличии общего термостата играет конструктивную роль в формировании квантовых корреляций (Башаров, 2002).

С другой стороны, анализ аксиоматики причинной механики показал ее сходство с аксиоматикой теории прямого межчастичного взаимодействия Уилера–Фейнмана (Коротаяев и соавт., 1998; Korotaev, 2000). В последней взаимодействующие фермионы разделены конечными пространственными δx и временными δt промежутками (с нулевым интервалом), самодействие отсутствует. Две из трех аксиом Н.А. Козырева (1980; 1991) утверждают, по сути, то же самое (третья аксиома постулирует асимметрию времени). В формализованной трактовке (Korotaev, 1993) все три козыревские аксиомы представлены в виде принципа локальной, или сильной причинности:

$$\begin{aligned}\gamma < 1 &\Rightarrow t_Y > t_X, x_Y \neq x_X; \\ \gamma > 1 &\Rightarrow t_Y < t_X, x_Y \neq x_X; \\ \gamma \rightarrow 1 &\Rightarrow t_Y \rightarrow t_X, x_Y \rightarrow x_X;\end{aligned}\quad (1)$$

где γ – функция причинности, определяется как отношение функций независимости процессов X и Y , обозначаемых $i_{X|Y}, i_{Y|X}$:

$$\gamma = \frac{i_{Y|X}}{i_{X|Y}}, 0 \leq \gamma \leq \infty \quad (2)$$

которые, в свою очередь, определяются через шенноновские условные и безусловные энтропии H :

$$i_{Y|X} = \frac{H(Y|X)}{H(Y)}, i_{X|Y} = \frac{H(X|Y)}{H(X)}, 0 \leq i \leq 1. \quad (3)$$

Здесь:

$$\begin{aligned}H(X) &= -\sum_{j=1}^J P(X_j) \ln P(X_j), \\ H(Y) &= -\sum_{k=1}^K P(Y_k) \ln P(Y_k),\end{aligned}$$

$$H(Y|X) = -\sum_{j=1}^J P(X_j) \sum_{k=1}^K P(Y_k|X_j) \ln P(Y_k|X_j),$$

$$H(X|Y) = -\sum_{k=1}^K P(Y_k) \sum_{j=1}^J P(X_j|Y_k) \ln P(X_j|Y_k),$$

где $P(X_j)$, $P(Y_k)$, $P(X_j|Y_k)$, $P(Y_k|X_j)$ – безусловные и условные вероятности j -го (k -го) уровня X и Y соответственно. По определению $\gamma > 1$ означает, что Y – причина, X – следствие; $\gamma < 1$, соответственно, X – причина, Y – следствие. Случай $\gamma = 1$ отвечает не причинной связи X и Y (Коротаев, 1992).

Далее теория прямого межчастичного взаимодействия обосновывает ненаблюдаемость опережающей части поля, единственным косвенным наблюдаемым результатом ее существования является радиационное затухание. Но последнее представляет диссипативный процесс, более того, любой диссипативный процесс в конечном счете влечет радиационное затухание. Можно показать (Коротаев и соавт., 1998), что производство (безразмерной) энтропии на частицу $\dot{S}$ при температуре T связано с третьей производной положения частицы $\ddot{\ddot{x}}$:

$$\langle \ddot{\ddot{x}} \rangle = -\frac{3c^3}{2e^2} kT \dot{S}, \quad (4)$$

которая, в свою очередь, вместе с запаздывающим полем E^{ret} определяет опережающее поле E^{adv} (Hoyle, Narlikar, 1995):

$$E^{\text{adv}} = E^{\text{ret}} - \frac{4e^2}{3qc^3} \ddot{\ddot{x}}, \quad (5)$$

где q – заряд частицы. Формулы (4) и (5) позволяют утверждать, что опережающее поле осуществляет связь между диссипативными процессами. Фигурирующая в (4) термодинамическая энтропия (энтропия геометрических положений) S и энтропия уровней H в (3) различаются пространствами определения вероятностей и могут быть соотнесены в рамках теории расслоенных пространств (Коротаев, 1995).

В причинной механике признание фундаментальной асимметрии времени парадоксальным образом ведет к необходимости существования взаимодействия в обратном времени (Козырев, 1980). В теории прямого межчастичного взаимодействия, которая с самого начала, казалось бы, восстанавливает полную симметрию прямого и обратного времени, асимметрия времени необходимым образом проявляется как асимметрия эффективности поглощения запаздывающего и опережающего полей. В самом деле, полное поле E является суперпозицией

$$E = AE^{\text{ret}} + BE^{\text{adv}}, \quad (6)$$

где A и B – константы, и, обозначая эффективность поглощения запаздывающего поля a ($a=1$ соответствует полному поглощению, $a=0$ – отсутствию поглощения), эффективность поглощения опережающего поля b можно показать (Hoyle, Narlikar, 1995), что

$$A = \frac{1-b}{2-a-b}, \quad B = \frac{1-a}{2-a-b}. \quad (7)$$

Опережающее поле непосредственно не наблюдаемо (вследствие деструктивной интерференции полей всех источников и поглотителей), т. е. реально наблюдаемой ситуации соответствует подстановка в (6) $A=1$, $B=0$. Тогда (7) совместимо с (6), только если $a=1$, $0 \leq b < 1$. Следовательно, экранирующие свойства вещества по отношению к опережающему полю должны быть ослаблены. В результате уровень опережающих корреляций может превышать уровень запаздывающих. Теория (Hoyle, Narlikar, 1995) не позволяет уточнить величину b . Эксперимент в той постановке, в которой он выполнялся (Коротаев и соавт., 1998; Korotaev et al., 1999; 2000; Коротаев и соавт., 2000; 2002; 2003; Korotaev et al., 2003a; 2003b), также не дает прямой оценки, но позволяет утверждать, что b заметно меньше 1: в диапазоне расстояний от атмосферных процессов-источников 10^1 – 10^5 м превышение опережающих корреляций над запаздывающими увеличивается от единиц до десятков процентов, так что в некоторых случаях регистрируется только опережающая корреляция.

Наконец, нелокальный характер квантовой теории прямого межчастичного взаимодействия (Hoyle, Narlikar, 1995) – в ней отсутствуют любые бозоны-переносчики взаимодействия, в том числе фотоны, – естественным образом приводит к известной транзакционной интерпретации квантовой нелокальности, которая не только дает логичное толкование известных фактов (Cramer, 1980; 1986), но и предсказывает новые (Elitzur, Dolev, 2003).

Синтез этих идей позволил предложить (Коротаев и соавт., 1998) эвристическое уравнение, названное уравнением макроскопической нелокальности, допускающее экспериментальную верификацию:

$$\dot{S}_d = \sigma \int \frac{\dot{S}}{x^2} \delta\left(t^2 - \frac{x^2}{v^2}\right) dV. \quad (8)$$

где $\dot{S}_d$ – производство энтропии в пробном процессе (детекторе), $\sigma \approx e^4 / m_e^2 c^4$, m_e – масса электрона, $\dot{S}$ – плотность производства энтропии в источниках, $v^2 \leq c^2$, интегрирование ведется по объему источников V . Дельта-функция показывает наличие симметричной по сдвигу времени запаздывающей и опережающей корреляции. Согласно Дж. Крамеру (Cramer, 1980) это не нарушает принципа слабой причинности, если источником является спонтанный (неконтролируемый наблюдателем) процесс. Если источник контролируется (управляется) наблюдателем, то возможна только запаздывающая корреляция. Поэтому особенно интересна постановка эксперимента именно с естественными крупномасштабными геофизическими или астрофизическими процессами-источниками.

Заметим, что в классическом пределе причинной механики (Козырев, 1991) $c_2 \rightarrow \infty \Rightarrow \sigma \rightarrow 0$, эффект нелокальности исчезает. Поскольку $c_2 = e^2 / \hbar$ (Козырев, 1991; Korotaev, 1993) классические пределы причинной и квантовой механики ($\hbar \rightarrow 0$) совпадают, таким образом, (8) удовлетворяет принципу соответствия.

Уравнение (8) непосредственно не учитывает поглощение промежуточными средами. Если взаимодействие происходит через промежуточную среду, за счет асимметрии поглощения уровень опережающего сигнала будет больше уровня запаздывающего.

Роль среды и некогерентности протяженного источника приводит еще к одному результату – если взаимодействие происходит с участием диффузионных процессов (т. е. происходит по межчастичным цепям через микроскопические электромагнитные поля Уилера–Фейнмана), то оно приводит к малой результирующей величине v в (8) и соответственно к большим результирующим временам запаздывания и опережения.

3. Эксперимент

Задача эксперимента заключается в изучении зависимости производств энтропии в пробном процессе и изучаемом процессе-источнике связанных уравнением (8), при условии подавления известных локальных взаимодействий. Хотя пробным процессом может быть любой диссипативный процесс, его выбор диктуется относительной величиной эффекта и теоретической прозрачностью, позволяющей связать измеряемый сигнал с производством энтропии и осознанно принять исчерпывающие меры по экранированию и/или контролю всех возможных локальных помехообразующих факторов (температура, давление, электромагнитное поле и т. п.). Процессами-источниками являются все диссипативные процессы окружающей среды (в меру производства энтропии и удаленности).

Для изучения козыревского взаимодействия были независимо сконструированы две экспериментальные установки. Установка ИГЭМИ (Институт геоэлектромагнитных исследований РАН) использует два типа детекторов, работа которых основана на связи энтропии с высотой потенциального порога. В первом из них измеряются спонтанные вариации собственных потенциалов слабополяризующихся электродов в электролите, во втором – спонтанные вариации темновой эмиссии фотокатода.

Теория детектора связывает измеряемый макропараметр пробного процесса с производством энтропии, фигурирующем в левой части уравнения (8). Продемонстрируем суть теории на примере электродного детектора. Самосогласованное решение для потенциала u в жидкой фазе выглядит (Коротаев, 1979):

$$u = \frac{2kT}{q} \ln \cos \left(x \arccos \exp \frac{q\zeta}{2kT} \right),$$

где q – заряд главного иона жидкой фазы, x – безразмерная длина ($x=1$ соответствует половине расстояния между электродами), ζ – полный (электрокинетический) потенциал. Абсолютная удельная энтропия S_d распределения потенциала может быть выражена через вероятность положения (нормированный потенциал) φ :

$$\phi = \frac{u}{\int_0^1 u dx} \quad (10)$$

$$S_d = - \int_0^1 \phi \ln \phi dx \quad (11)$$

Подставляя (9) в (10) и (11) и дифференцируя по времени, получаем левую часть (8) как функцию ζ слабополяризующегося электрода:

$$\dot{S}_d \approx \frac{\exp w}{\arccos \exp w \sqrt{1 - \exp 2w}} \dot{w}, \quad (12)$$

где $w = q\zeta/2kT < 0$. Выражение (12) справедливо именно для слабополяризующихся электродов ($|w| \ll 1$). Общее выражение для любого $|w|$, а также расчетные формулы, связывающие энтропию S_d с измеряемым сигналом – разностью потенциалов пары близко расположенных электродов $U = \zeta_1 - \zeta_2$ приведены в работах С.М. Коротаева и соавторов (1998; 2000).

Установка ИГЭМИ состоит из расположенных рядом электродного и фотокатодного детекторов, индивидуально высокозащищенных от локальных помех, другого электродного детектора, удаленного на 300 м и аппаратуры для контроля остаточных (не полностью подавленных экранированием) локальных помех. Установка ЦПФ (Центр прикладной физики МГТУ им. Н.Э. Баумана) использует детектор, основанный на связи энтропии со спонтанными флуктуациями подвижности ионов электролита. Измеряются вариации дисперсии флуктуаций проводимости в малом объеме электролита. Расстояние между установками ИГЭМИ (Троицк) и ЦПФ (Москва) 40 км. Все детали устройства установок и их работы приведены в публикациях А.Н. Морозова (1997), С.К. Дворука и соавторов (1998) и С.М. Коротаева и соавторов (1998; 2000; 2002).

На обеих установках выполнялись эксперименты двух типов: с контролируемыми (искусственными) и неконтролируемыми (естественными) процессами-источниками.

В экспериментах первого типа в качестве диссипативного процесса-источника использовались процессы смешения, изобарического нагревания и фазовых переходов – плавления и испарения. Наиболее эффективным оказался (как и следовало ожидать по величине изменения энтропии) процесс кипения воды. Поэтому именно последний был избран для основной серии опытов. Влияние нелокальных помех со стороны естественных процессов в таких опытах на установке ИГЭМИ исключается применением дифференциальной схемы измерений. Используются два разнесенных детектора, процесс-источник размещается вблизи одного из них на расстоянии, малом по сравнению с разнесом. Измеряется разностный сигнал детекторов.

Но наиболее интересны эксперименты второго типа – с естественными крупномасштабными процессами-источниками. Поэтому наибольшие усилия были сосредоточены на длительных экспериментах по изучению реакции детекторов на различные геофизические и гелиофизические процессы. Получены 3 серии наблюдений. Первая – серия с высокозащищенными от локальных воздействий электродным и фотокатодным детекторами установки ИГЭМИ длительностью 1 год (1996–97). Совершенно независимо (исследовательские группы не знали о работах друг друга до их окончания) в первой половине этого срока проводился аналогичный эксперимент на установке ЦПФ. Кроме того, в первой половине срока в ИГЭМИ продолжались начатые в 1993 г. с другими целями измерения собственных потенциалов морских метрологических электродов (совместной разработки ВНИИМ и «Эталон»). Хотя меры по защите от локальных воздействий здесь были значительно слабее, но сами электроды являются наиболее устойчивыми к ним из всех известных типов. Это позволило использовать их как удаленный третий детектор. Благодаря тому, что обработка установила высокий уровень корреляции обоих электродных детекторов и был доказан ее нелокальный характер, появилась возможность использовать наблюдения 1993–1997 гг. как вторую серию. Правда, ввиду технических перерывов, длительность непрерывных рядов этой серии не превышала нескольких месяцев. В 2001–2003 гг. выполнена третья серия измерений – с высокозащищенным электродным детектором установки ИГЭМИ.

В экспериментах с искусственными источниками реакция детектора видна непосредственно в записи его сигнала (Коротаев и соавт., 2000), хотя иногда для увеличения отношения сигнал/шум требуется применение метода накопления (Дворук и соавт., 1998). В экспериментах с естественными источниками вследствие их множественности требуется в том или ином виде разделение сигналов. В обработке применялись методы корреляционного, регрессионного, спектрального и причинного анализов. Последний играл особую роль. Функции независимости i (3) в отличие от корреляционной функции r в общем случае асимметричны, они равно пригодны для любых нелинейных типов связи X и Y и любых распределений вероятностей. Но между ними имеется соответствие в следующих предельных случаях: $i_{X|Y}=i_{Y|X}=1 \Rightarrow r=0, |r|=1 \Rightarrow i_{X|Y}=i_{Y|X}=0$.

4. Результаты

4.1. Сводка опубликованных результатов

Результаты экспериментов с искусственными источниками таковы (Коротаев и соавт., 2000):

1. Обнаруженный Н.А. Козыревым факт реакции изолированного пробного процесса на внешний диссипативный процесс любой природы подтвержден в строгой постановке – с инструментальным и математическим исключением воздействия по локальным классическим каналам (за счет изменения температуры и т. п.).

2. Наблюдается только запаздывающая реакция, причем величина запаздывания велика – при расстоянии до источника порядка метра реакция детектора наступает через время порядка часа после воздействия.

3. Главной неожиданностью оказался большой разброс параметров сигнала (времени запаздывания, амплитуды, времени роста и релаксации) при строго одинаковых условиях воздействия. Не обнаружена связь этих изменений с какими-либо изменениями внешних условий. При этом параметры сигнала связаны устойчивыми статистическими закономерностями. В частности, изменение пространственной энтропии двойного электрического слоя на грани-

це раздела фаз в детекторе равно верхней грани энтропии временной вариации потенциала; отношение длительностей действия источника и реакции детектора равно отношению вероятностей вынужденного и спонтанного теплового излучения, следующего из квантовой теории прямого межчастичного взаимодействия (Hoyle, Narlikar, 1995).

Более интересны результаты долговременных экспериментов с крупномасштабными естественными источниками (Дворук и соавт., 1998, Коротаев и соавт., 1998, Korotaev et al., 1999; 2000; Коротаев и соавт., 2000; 2002; 2003; Korotaev et al., 2003a; 2003b):

1. Синхронные сигналы всех четырех детекторов трех типов являются хорошо коррелированными. Уровень корреляции не зависит от типа детекторов и только слегка зависит от их пространственного разнорасположения. Анализ показывает, что сигналы формируются некоторыми общими причинами, но их влияние не может быть локальным.

2. Такими общими причинами оказались (в порядке убывания величины эффекта): солнечная, синоптическая, геомагнитная и ионосферная активность. Была выявлена сильная опережающая корреляция сигналов детекторов с этими процессами. Запаздывающая корреляция всегда меньше, причем она убывает с ростом пространственного масштаба процессов-источников. Величина опережения (как и запаздывания) значительна, порядка 10–100 суток, возрастая с ростом пространственного масштаба.

3. Нелокальный характер корреляции был доказан нарушением сильной причинности и неравенства типа Белла.

4. Уравнение (8) было количественно проверено на примере процесса геомагнитной активности (поскольку именно этот процесс допускает относительно простое вычисление правой части (8)). (Поясним суть проверки. Процесс-источник – омическая диссипация токов в ионосферно-магнитосферном источнике переменного магнитного поля B . Удельное производство энтропии легко выразить через электрическое поле E на частоте, удельное сопротивление ρ и температуру среды T ; $E(f)$, в свою очередь, через импеданс $Z(f)$ связано с $B(f)$:

$$\dot{s} = \frac{\langle E^2(f) \rangle}{\rho k T} = \frac{|Z(f)|^2 \langle B^2(f) \rangle}{\rho k T}.$$

Далее, пользуясь общепринятыми приближениями, можно конкретизировать выражение импеданса и вычислить правую часть уравнения (8) по данным измерений магнитного поля в месте расположения установки. Несмотря на достаточно грубые модельные приближения в расчете производства энтропии, с точностью до первого знака уравнение (8) оказалось справедливым.

5. Уровень опережающей корреляции позволил продемонстрировать возможность солнечного, геомагнитного и синоптического прогноза.

4.2. Новые результаты анализа старых экспериментальных данных

Максимальная длительность непрерывных рядов экспериментов 1993–1997 гг., проанализированная в опубликованных работах, не превышала года. Вместе с тем обнаружено, что уровень локальных корреляций в целом возрастает с периодом вариаций, особенно для солнечной активности. Для увеличения отношения сигнал/шум можно объединить сегменты данных, интерполируя пробелы и ограничиваясь низкими частотами. Эта процедура была применена к данным удаленного электродного детектора, солнечной и геомагнитной активности. В качестве индекса солнечной активности было использовано солнечное радиоизлучение R на частоте 610 МГц (излучение с уровня нижней короны, т. е. как раз с уровня наибольшей диссипации в солнечной атмосфере (Korotaev et al., 2003a)). В качестве индекса геомагнитной активности избран глобальный Dst -индекс, определяемый как отклонение горизонтальной компоненты поля от средней суточной вариации по данным экваториальных обсерваторий и характеризующий наиболее крупномасштабные токи в магнитосфере (Коротаев и соавт., 2003). Следует подчеркнуть, что электродный детектор не чувствителен ни к солнечному радиоизлучению, ни к магнитному полю (Коротаев и соавт., 2000); R и Dst являются только качественными индексами производства энтропии в источниках.

Объединенный временной ряд сигнала детектора U избирался по критерию наибольшей полной длительности при длине пробела до 28 суток. Таковым оказался ряд

26.10.1994–24.07.1997. Ряды R и Dst были взяты за интервал, начинающийся на год раньше и кончающийся на год позже ряда U . Все данные были подвергнуты низкочастотной фильтрации с граничным периодом 28 суток.

На рис. 1 показана корреляционная функция r_{UR} сигнала детектора U и солнечной активности R . Сдвиг времени $\tau < 0$ соответствует запаздыванию U относительно R , $\tau > 0$ – опережению. Главный максимум $r_{UR} = 0.51 \pm 0.02$ соответствует опережению $\tau = 42$ сут. Принимая во внимание низкочастотную фильтрацию, лучше сказать около полутора месяцев. Но этот результат совпадает с величиной $\tau = 42$ сут., полученной прежде (Korotaev et al., 2003a) с другим детектором, по другому интервалу времени (12.12.1996–11.12.1997) и более сложным математическим аппаратом причинного анализа. Запаздывающая корреляция незначима. Наличие двух других опережающих максимумов также соответствует прежнему результату.

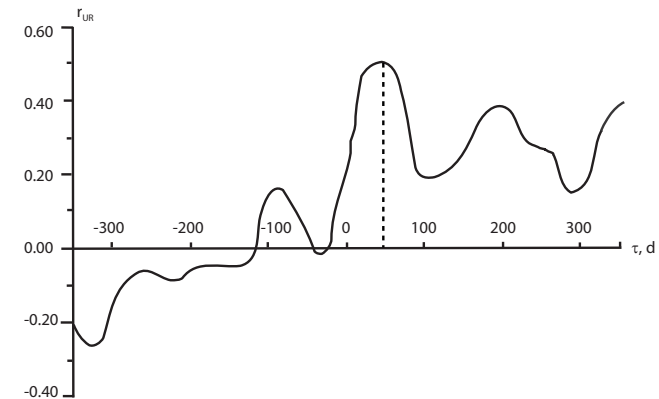


Рис. 1. Корреляционная функция r_{UR} сигнала детектора U и солнечной активности R . Отрицательный временной сдвиг τ (в сутках, d) соответствует запаздыванию U относительно R , положительный – опережению

Корреляция сигнала детектора с геомагнитной активностью почти та же: $\max r_{UDst} = 0.50 \pm 0.02$ при том же $\tau = 42$ сут. Одинаковая величина τ объясняется малым временем отклика Dst на R (1–2 сут.) по сравнению с параметром низкочастотного фильтра $T = 28$ сут. Корреляция Dst и R

кажется синхронной при данном временном разрешении ($r_{RDst}=0.30\pm0.02$ при $\tau=0$).

Из таких значений r следует, что наблюдается, вероятно, прямое нелокальное влияние солнечной активности на пробный процесс в детекторе. Однако нелинейность связи Dst и R , а также U и R (Коротаев и соавт., 2002) может повлечь неадекватность сравнения их величин. Поэтому для доказательства рассмотрим неравенство типа Белла (Коротаев и соавт., 1998, 2002). Напомним, что смысл всех неравенств типа Белла состоит в следующем: если взаимодействие идет по локальному каналу, т. е. посредством частиц-переносчиков этого взаимодействия (например, фотонов), то статистические зависимости между наблюдаемыми ограничены некоторым пределом. Нарушение этого предела свидетельствует о нелокальности. Иначе говоря, связь между наблюдаемыми оказывается сильнее той, что может обеспечить локальный канал. В нашем случае неравенство типа Белла вытекает из цепного правила, накладывающего ограничение на функции независимости:

$$i_{U|R} \geq \max(i_{U|Dst}, i_{Dst|R}) \quad (13)$$

Выполнение этого неравенства является достаточным условием локальности связи по причинной цепи $R \rightarrow Dst \rightarrow U$ (поскольку любое локальное воздействие Солнца на детектор не может произойти, минуя магнитосферу, и связь между началом и концом цепи не может быть сильнее связей в любом из промежуточных звеньев).

Для оценки устойчивости вычисленных величин i все три канала поочередно зашумляются 21% (по мощности) фликкер-шумом (Коротаев и соавт., 1998; 2002). Результаты таковы: $i_{U|R} = 0.807^{+0.010}_{-0.009}$, $i_{U|Dst} = 0.836^{+0.000}_{-0.002}$, $i_{Dst|R} = 0.832^{+0.008}_{-0.000}$. Неравенство (13) нарушено, следовательно, связь $R \rightarrow U$ нелокальна.

Наличие нелокальных корреляций может быть использовано для задачи прогноза. Поскольку вариации сигнала детектора и крупномасштабных процессов далеки от дельта-коррелированных, для прогноза необходим алгоритм множественной регрессии. Но пока наша цель – лишь продемонстрировать возможность прогноза, можно просто сдвинуть временные ряды на величину τ , соответствующую главному корреляционному максимуму. Но для такого простейшего алгоритма уровень корреляции $r \approx 0.5$ недостато-

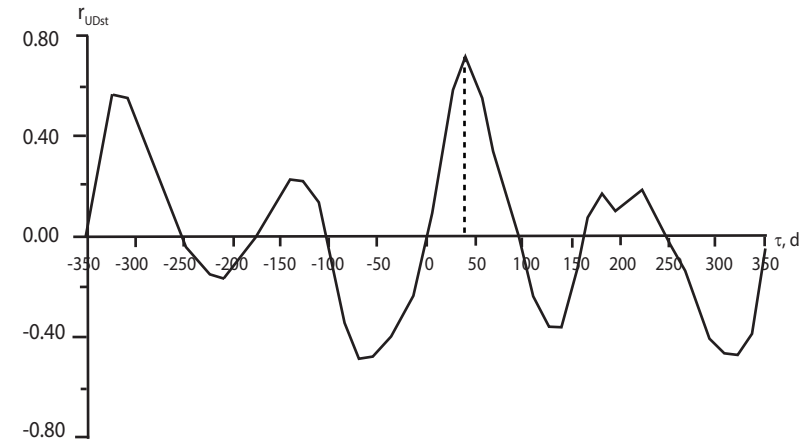


Рис. 2. Корреляционная функция r_{UDst} сигнала детектора u и геомагнитной активности Dst по фильтрованным данным в полосе периодов $28 < T < 364$ суток. Отрицательный временной сдвиг τ (в сут., d) соответствует запаздыванию U относительно Dst , положительный – опережению

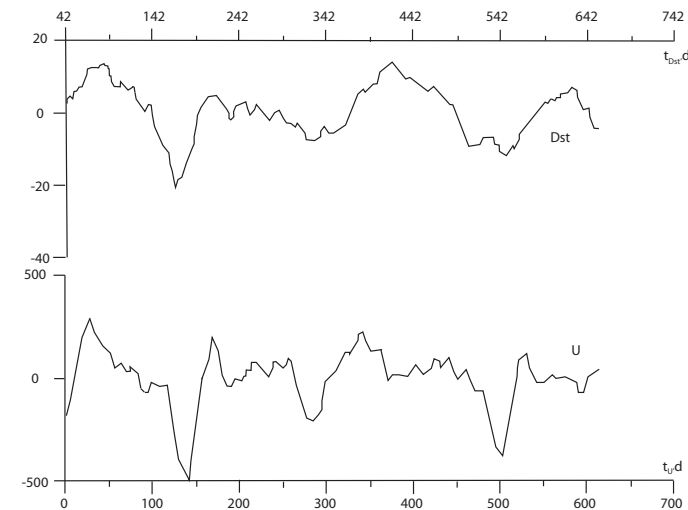


Рис. 3. Сигнал детектора U (мкВ) прогнозирует геомагнитную активность Dst (нТл) с заблаговременностью 42 суток

чен. Для увеличения корреляции мы попытались применить широкополосную фильтрацию. Для переменной r_{UR} это не привело к возрастанию ее величины, но для r_{UDst} подходящий диапазон периодов фильтра был найден, а именно $28 > T > 364$ сут. Результат показан на рис. 2. При опережении на $\tau = 42$ сут. имеется $\max r_{UDst} = 0,70 \pm 0,02$. Затем можно сдвинуть фильтрованные ряды и увидеть, что сигнал детектора U действительно прогнозирует геомагнитную активность Dst с заблаговременностью 42 сут. (рис. 3).

4.3. Новые экспериментальные результаты

Последний (двухлетний) эксперимент закончен 27 октября 2003 г., поэтому на момент написания данного обзора можно дать только предварительные выводы. Видимый сигнал детектора весьма гладкий – преобладают периоды не менее месяца. Но с начала 2003 г. наблюдались крайне резкие всплески длительностью порядка часа и большой величины – от 4 до 134 мкВ (аппаратурное разрешение 0,5 мкВ). Такие всплески отмечены 1, 9, 14, 15 января, 3, 11, 13, 14 февраля. Наибольший всплеск наблюдался 3 февраля (рис. 4). И именно через 42 сут. после этого случилась известная солнечная вспышка класса X 17 марта (рис. 5).

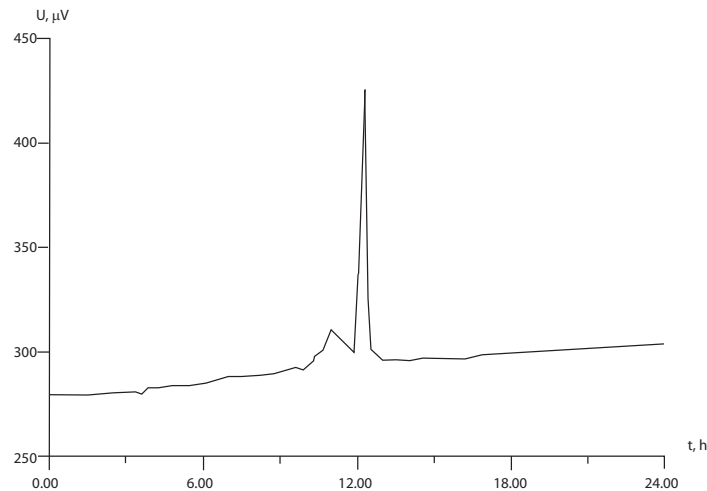


Рис. 4. Необычный всплеск сигнала детектора U 3 февраля 2003 г. (время мировое)

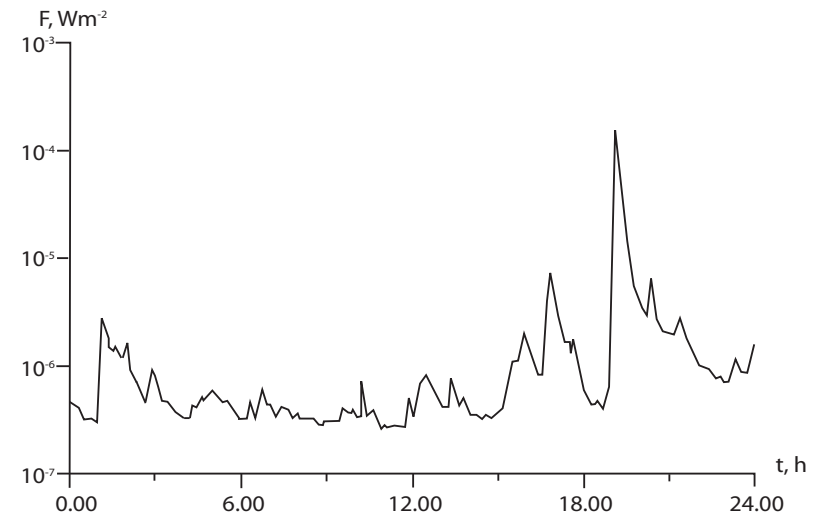


Рис. 5. Солнечная вспышка класса X 17 марта 2003 г., т. е. 42 суток спустя после события записанного детектором, которое показано на рис. 4 (F – поток рентгеновского излучения, Вт/м²)

Таким образом, это мощное солнечное явление вызвало опережающую реакцию электродного детектора с несколькими временными сдвигами и с главным всплеском при $\tau = 42$ сут.

Несмотря на огромную энергию, эта солнечная вспышка из-за своего периферийного положения на диске Солнца не была геоактивной – она не вызвала мировой магнитной бури и других обычных откликов на Земле. Следовательно, влияние этого солнечного события на сигнал детектора было прямым, т. е. нелокальным. (Подобная серия всплесков U предвещала сопоставимые по энергии вспышки начала ноября 2003 г., но они как раз были крайне геоактивными, поэтому не это, а рассмотренное выше событие более показательное.)

5. Заключение

Эксперимент подтверждает существование козыревского взаимодействия практически изолированных диссипативных процессов, что может быть интерпретировано как прояв-

ление макроскопической нелокальности. Важнейшим свойством этого явления оказывается опережающая реакция пробного процесса на неконтролируемый крупномасштабный процесс-источник (взаимодействие в обратном времени).

Вероятно, нельзя относиться к формулировке гипотезы (8) более серьезно, чем как к эвристическому уравнению, но позитивные экспериментальные результаты указывают на актуальность разработки последовательной теории на пересечении идей причинной механики, квантовой нелокальности и теории прямого межчастичного взаимодействия.

Независимо от интерпретации, уровень опережающих корреляций достаточен для прогностических приложений, хотя их реализация требует решения нелегких, но вполне стандартных промежуточных задач – разделения сигналов (например, путем продемонстрированной в разделе 4.2 частотной фильтрации) и нахождения импульсных переходных характеристик. Последние позволяют осуществить корректный прогноз через расчет их свертки с сигналами детекторов, что эквивалентно множественной (возможно, нелинейной) регрессии.

Интригующий вопрос состоит в том, почему нелокальность дает возможность наблюдения будущего, но только не контролируемого наблюдателем? Означает ли это, что сознание наблюдателя каким-то образом подавляет опережающие сигналы?

Автор благодарит В.О. Сердюка, Ю.В. Горохова и В.А. Мачина за участие в экспериментальных исследованиях и А.П. Левича – за обсуждение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

Арушанов М.Л., Горячев А.М. Эффекты причинной механики в метеорологии. Ташкент, 2003. 103 с.

Башаров А.М. Декогерентность и перепутывание при радиационном распаде двухатомной системы // ЖЭТФ. 2002. Т. 121. Вып. 6. С. 1249–1260.

Дворук С.К. и соавт. Экспериментальные исследования необратимых процессов в электролитах // Прикладная механика и технологии машиностроения. Вып. 1(4). 1998. С. 61–66.

Козырев Н.А. Астрономическое доказательство реальности четырехмерной геометрии Минковского // Проблемы исследования Вселенной. 1980. Вып. 9. С. 85–93.

Козырев Н.А. Избранные труды. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 447 с.

Козырев Н.А., Насонов В.В. Новый метод определения тригонометрических параллаксов на основе измерения разности между видимым и истинным положением звезд // Проблемы исследования Вселенной. 1978. Вып. 7. С. 168–179.

Козырев Н.А., Насонов В.В. О некоторых свойствах времени, обнаруженных астрономическими наблюдениями // Проблемы исследования Вселенной. 1980. Вып. 9. С. 76–84.

Кортаев С.М. Фильтрационное электромагнитное поле субмаринных источников // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1979. № 8. С. 91–95.

Кортаев С.М. О возможности причинного анализа геофизических процессов // Геомагнетизм и аэрономия. 1992. Т. 32. № 5. С. 27–33.

Кортаев С.М. Роль различных определений энтропии в причинном анализе геофизических процессов и их приложение к электромагнитной индукции в морских течениях // Геомагнетизм и аэрономия. 1995. Т. 35. № 3. С. 116–125.

Кортаев С.М., Сердюк В.О., Сорокин М.О. Проявление макроскопической нелокальности в геомагнитных и солнечно-ионосферных процессах // Геомагнетизм и аэрономия. 2000. Т. 40. № 3. С. 56–64.

Кортаев С.М., Хачай О.А., Шабелянский С.В. Причинный анализ процесса горизонтальной информационной диффузии электромагнитного поля в океане // Геомагнетизм и аэрономия. 1993. Т. 33. № 2. С. 128–133.

Кортаев С.М., Шабелянский С.В., Сердюк В.О. Обобщенный причинный анализ и его применение для изучения электромагнитного поля в море // Изв. АН. Физика Земли. 1992. № 6. С. 77–86.

Кортаев С.М. и соавт. Экспериментальное исследование нелокального взаимодействия макроскопических диссипативных процессов // Физическая мысль России. 1998. № 2. С. 1–17.

Кортаев С.М. и соавт. Экспериментальное исследование нелокальности контролируемых диссипативных процессов // Физическая мысль России. 2000. № 3. С. 20–26.

Кортаев С.М. и соавт. Проявление макроскопической нелокальности в некоторых естественных диссипативных процессах // Известия высших учебных заведений. Физика. 2002. № 5. С. 3–14.

Кортаев С.М. и соавт. Экспериментальное исследование нелокальности некоторых магнитосферно-ионосферных и тропосферных процессов // Необратимые процессы в природе и технике. Труды II Всероссийской конференции. М.: МГТУ, 2003. С. 12–35.

Лаврентьев М.М. и соавт. О дистанционном воздействии звезд на резистор // ДАН. 1990. Т. 314. № 2. С. 352–355.

Лаврентьев М.М. и соавт. О регистрации истинного положения Солнца // ДАН. 1990. Т. 315. № 2. С. 368–370.

Лаврентьев М.М. и соавт. О регистрации реакции вещества на внешний необратимый процесс // ДАН. 1991. Т. 317. № 3. С. 635–639.

Лаврентьев М.М. и соавт. О сканировании звездного неба датчиком Козырева // ДАН. 1992. Т. 323. № 4. С. 649–652.

Морозов А.Н. Необратимые процессы и броуновское движение. М.: Изд-во МГТУ, 1997. 332 с.

Хачай О.А., Коротаев С. М., Троянов А.К. Результаты применения причинного анализа для обработки скважинных данных сейсмоакустической и электромагнитной эмиссии // Вулканология и сейсмология. 1992. № 3. С. 92–100.

Arushanov M.L., Korotaev S.M. Geophysical effects of causal mechanics // On the Way to Understanding the Time Phenomenon. Part 2. World Scientific, 1996. P. 101–108.

Cramer J.C. Generalized absorber theory and the Einstein-Podolsky-Rosen paradox // Phys. Rev. D. 1980. V. 22. № 2. P. 362–376.

Cramer J.C. The transactional interpretation of Quantum Mechanics // Rev. Mod. Phys. 1986. V. 58. № 3. P. 647–688.

Elitzur A.C., Dolev S. Is there more to T? // The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception. Kluwer Academic Publishers. 2003. P. 297–306.

Faller et al. Gyroscope-weighting experiment with a null result // Phys. Rev. Lett. 1990. V. 64. № 8. P. 825–826.

Hayasaka H., Takeuchi S. Anomalous weight reduction on a gyroscope right rotation around the vertical axis on the Earth // Phys. Rev. Lett. 1989. V. 63. № 25. P. 2701–2704.

Home D., Majumdar A.S. Incompatibility between quantum mechanics and classical realism in the strong macroscopic limit // Phys. Rev. A. 1995. V. 52. № 6. P. 4959–4962.

Hoyle F., Narlikar J.V. Cosmology and action-at-a-distance electrodynamics // Rev. Mod. Phys. 1995. V. 67. № 1. P. 113–156.

Imanishi A. et al. Observation against the weight reduction of spinning gyroscopes // J. Phys. Soc. Japan. 1991. № 4. P. 1150–1152.

Korotaev S.M. Formal definition of causality and Kozyrev's axioms // Galilean Electrodynamics. 1993. V. 4. № 5. P. 86–89.

Korotaev S.M. Logic of causal mechanics: observation – theory – experiment // On the Way to Understanding the Time Phenomenon. Part 2. World Scientific. 1996. P. 60–74.

Korotaev S.M. The force of time // Galilean Electrodynamics. 2000 V. 11. S.I.2. P. 29–33.

Korotaev S.M., Serdyuk V.O., Sorokin M.O. Experimental verification of Kozyrev's interaction of natural processes // Galilean Electrodynamics. 2000 V. 11. S.I.2. P. 23–28.

Korotaev S.M. et al. Geophysical manifestation of interaction of the processes through the active properties of time // Physics and Chemistry of the Earth. A. V. 24. № 8. P. 735–740.

Korotaev S.M. et al. Experimental estimation of macroscopic nonlocality effect in solar and geomagnetic activity // Physics of Wave Phenomena. 2003a. V. 11. № 1. P. 46–54.

Korotaev S.M. et al. Experimental evidence of nonlocal transaction in reverse time // Physical Interpretation of Relativity Theory. Moscow: BMSTU Press. 2003b. P. 200–212.

Nitshke J.M., Wilmarth P.A. Null result for the weight change of a spinning gyroscope // Phys. Rev. Lett. 1990. V. 64. № 18. P. 2115–2116.

Quinn T.J., Picard A. The mass of spinning rotors: no difference on speed or sense of rotation // Nature. 1990. V. 343. № 6260. P. 81–94.

Savage D. Time stress and other properties of time // The Toth-Maatian Review. 1985. V. 4. № 2. P. 1989–1911.

Savage D. Conservation of momentum at a distance // The Toth-Maatian Review. 1986. V. 4. № 4. P. 2257–2262.

Savage D. Measuring local time dilation using sandglass egg timers // Progress in Space-Time Physics. Blumberg: Wessely Press, 1987. P. 242–251.

Zhvirlis V.E. Stars and koltsars // On the Way to Understanding the Time Phenomenon. Part 2. World Scientific, 1996. P. 135–173.

ГЛАВА VII

Владимир В. Аристов

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН;
кафедра развития реляционных методов изучения времени
Web-Института исследований природы времени
<http://www.chronos.msu.ru>; aristov@ccas.ru

Построение реляционной статистической теории пространства-времени и физическое взаимодействие

Обсуждается отношение предложенной концепции пространства-времени к устоявшимся физическим и философским подходам. Модель реляционного пространства-времени обобщается путем введения реляционной модели пространства, где сопоставляются понятие расстояния и конфигурация частиц, задаваемая линейкой. Рассматривается единая теоретическая схема: числа-частицы-пространство-время. Определяется возможность описания движения и взаимодействия с помощью безразмерных величин (связь с традиционными размерностными уравнениями осуществляется с помощью комбинаций фундаментальных констант). Намечено соответствие между аксиомами физики и аксиоматическим аппаратом математики. Получен аналог соотношения неопределенности квантовой механики. На основе объединенной модели пространства-времени выводятся выражения для потенциалов гравитационного и электромагнитного взаимодействия. В статистическом описании определяется связь с «космологическими совпадениями» – соотношениями между микро- и макроскопическими величинами.

Ключевые слова: время, реляционное статистическое пространство-время, ноуменальность пространства-времени, физическое взаимодействие, космологические совпадения.

1. Введение

Ранее была предложена реляционная модель времени (Аристов, 1994; 1996; Aristov, 1995), где временные интервалы определялись с помощью часов, в теоретической схеме которых применялась процедура измерения расстояний, т. е. вводилась новая модель пространства-времени. На ее основе были получены аналоги классических уравнений движения (ньютоновской механики и СТО) и указаны

возможные отличия от существующей традиционной модели. Для дальнейшего развития теории необходимо показать, как описываются физические взаимодействия в рамках данной реляционной концепции, т. е. получить аналоги уравнений для силы. Такие уравнения должны выводиться из основных положений модели, для чего требуется обобщить существующую модель пространства. Обобщение достигается анализом измерения расстояния, причем при моделировании метрической процедуры фактически задается и простая топологическая модель на графе. Затем строится неевклидова геометрия с неединственной прямой, проходящей между двумя точками. При этом единица измерения по масштабной линейке выражается в единицах массы, поскольку измерение проводится на атомарной структуре. Для выражения расстояния в традиционных единицах расстояния используется множитель, определяемый через фундаментальные константы. Этот множитель включает постоянную Планка, что следует из полученного аналога соотношения неопределенности квантовой физики. Принципиально, что указан масштаб (порядка атома), на котором происходит отклонение от классического способа описания пространства-времени на основе евклидовой геометрии и детерминистического характера движения. Таким образом вводится единая схема пространства-времени, объединяющая уравнения движения и уравнения, соответствующие физическим взаимодействиям.

2. Основные положения реляционного подхода

Остановимся кратко ввиду ограниченного объема работы на принципах, которые составляют основу реляционного, статистического представления о пространстве и времени. Уже существует традиция исторического изложения в продуктивном противопоставлении реляционных и субстанциальных концепций. С нашей точки зрения, их различие заключается в следующем. В реляционном представлении пространство и время не являются первичными, неопределимыми (аксиоматическими) понятиями. Они трактуются с помощью понятий более глубокого уровня. Здесь можно пытаться строить модели конструктивного

свойства для их описания. В субстанциальном подходе время понимается как изначальная среда, стихия, субстанция, которая сама обладает порождающими свойствами, допустим, она может определять движение.

Обзор исторических взглядов на пространство и время (где сопоставляются также динамические и статические свойства) содержится, например, в книгах Ю.Б. Молчанова (1977, 1990). В античности субстанциальные взгляды на время и пространство во многом предшествовали реляционным представлениям: черты таких представлений есть у философов Милетской школы, Пифагора, Гераклита, атомистов, элеатов (Парменид, Зенон и др.). В развитых философских системах Платона и Аристотеля присутствуют реляционные представления, просуществовавшие, развиваясь, до наших дней (надо, конечно, понимать всю упрощенность и схематичность такого деления: например, взгляды Аристотеля на пространство (топосы) скорее субстанциальны). Можно упомянуть и Лукреция с его произведением «О природе вещей», а также Эпикура. Реже цитируются высказывания стоиков (Хрисипп, Зенон-стоик и др.), сформулировавших один из первых «релятивистских» принципов: «Согласно Зенону, время – «расстояние движения». Согласно Хрисиппу, время – «расстояние космического движения» (Чанышев, 1991, с. 131).

Неоплатоники развили многие представления античности. Интересно проследить, как происходило абстрагирование реляционных представлений, что привело в дальнейшем к зрелой субстанциальной концепции Ньютона. Плотин в «Эннеадах» обозначил некоторые проблемы пространства-времени (обычно его относят к развивавшим субстанциальные представления о времени, но критика им реляционизма была столь подробной, что кажется, что он предвосхитил возможные продуктивные черты реляционного подхода, когда, в частности, говорил, что время нельзя представлять как все движения, взятые совместно). Августин, как и Плотин, касавшийся, по сути, проблем реляционного описания времени, относился отрицательно к возможности использовать некий «конструктивный» способ. Тем не менее его слова в стремлении познать проблему времени глубоки и вдохновляющи: «Когда некий человек остановил молитвой солнце, чтобы победоносно завершить

битву, солнце стояло, но время шло» (Августин, 1991, с. 301), «если тело и движется иногда по-разному, а иногда и останавливается, то мы можем измерить временем не только движение, но и остановку и сказать «стояло столько же времени, сколько и двигалось» (Августин, 1991, с. 302). Забегая вперед, укажем, что реляционная статистическая концепция позволяет ответить на подобные вопросы: рассматривая всю совокупность движущихся тел системы, мы можем описать время в ней (предельная система – весь мир), поэтому если часть системы находится в покое, то другие движущиеся части этой системы способны своим осредненным движением представлять время и описывать этот «покой».

Необходимо отметить общую реляционную концепцию Лейбница, принципы которой он обозначил в полемике с Кларком, отстаивавшим позицию Ньютона. Лейбниц, как известно, подошел к интегро-дифференциальному исчислению с других позиций, чем Ньютон. Однако реляционные представления Лейбница на пространство-время остались без математического выражения. Но прямо или косвенно они оказали воздействие на будущие взгляды Маха, Эйнштейна и Пуанкаре. Из различных философов, поддерживавших подобные воззрения, можно назвать Беркли, предвосхитившего Маха в отрицании ньютонова абсолютного пространства. Полезно упомянуть позицию Барроу (учителя и предшественника Ньютона), понимавшего необходимость принять тогда именно субстанциальную концепцию. Дж. Уитроу, цитируя его, пишет: «Согласно Барроу, «время обозначает не действительное существование, а определенную способность или возможность непрерывности существования, точно так же, как пространство означает способность к наличию длины. Время не содержит в себе движения, поскольку рассматривается его абсолютная и внутренне ему присущая природа; точно так же оно не содержит в себе покоя; двигаются ли вещи или покоятся, спим ли мы или бодрствуем – время продолжает равномерно течь своим путем»... Мы видим здесь источник знаменитого определения Ньютоном абсолютного времени» (Дж. Уитроу, 1964, с. 169).

Исторический ретроспективный взгляд подтверждает, что практически все реляционные модели до XX века оста-

вались на «вербальном уровне». Теория относительности, связавшая воедино время, пространство, материю, несомненно, реляционна. Но пространство-время в теории относительности имеет некоторую самостоятельную сущность и в этом смысле эту теорию можно трактовать отчасти как «субстанциальную» (такие же свойства имеют многомерные теории, например, Калуцы-Клейна, суперсимметрии, супергравитации). Предельная «субстанциальность» реализована Уилером в геометродинамике. Реляционным представлениям о макроскопическом пространстве (Чу, Циммерман и др.) не хватало адекватного математического формализма. С нашей точки зрения, необходим поиск метатеории, где отдельные части современной физической картины мира были бы связаны воедино. В последние годы и субстанциональные представления о времени получили развитие усилиями различных авторов, отметим, прежде всего, работу А.П. Левича (1996; см. также статью в этой книге).

Полезно рассмотреть свойства времени с точки зрения противопоставления и дополнения понятий феномена времени как некой «изначальной» сущности и конструируемого ноумена времени. Ноуменальность («ноумен») реляционного времени может трактоваться как противоположность феноменальности субстанциональных концепций времени. Философский термин ноумен, предполагающий «умопостигаемость» («феномен» означает возможность чувственного познания), восходит через неоплатоников к Платону. В системе Канта это понятие синонимично «вещи в себе». Мы используем этот термин в «нестрогом философском смысле», чтобы обозначить различие в подходах к познанию времени. Без всяких подробностей отметим, что в основе нашего подхода лежит понятие «бытия», которое иерархично и допускает различные уровни реализации, в частности «идеальное» и «материальное». На уровне математического или физического описания оно проявляется в понятиях числа или частицы и т. д. Время и пространство могут быть построены из первичных элементов. Умопостигаемость времени (и пространства) означает и возможность взаимодействия с инструментальным, опытным миром. Само понятие времени развивалось вместе с развитием фундаментальных приборов – часов, что предполагает создание не только умо-зрительных образов, но и «проекцию» их во внешний мир.

Мы не останавливаемся на обзоре современного состояния вопроса о реляционных представлениях, отметим лишь, что, например, Дж. Барбур (Barbour, 1999) высказывает, по-видимому, положения, в чем-то сходные с нашими, но анализ этих взглядов выходит за рамки данной статьи.

Возникновению развитых пространственно-временных представлений предшествовал очень долгий исторический процесс. Можно допустить, что темпоральные и пространственные воззрения вырабатывались из первичных смутных образов (мы их обозначим как «предпространство» и «предвремя»). Такой «априоризм» отличается, например, от кантовских представлений о предзаданности евклидова пространства (отметим, что новейшие психологические исследования не подтверждают подобные взгляды). Сведение сложных понятий пространства и времени к более простым, хотя и менее определенным понятиям движения, отношения объектов, различения предметов и т. д. призвано указать на то, что многих атрибутов времени: упорядоченности, связности, равномерности, однородности и т. д. – нет в предформах, которые и порождают наше понятие времени. Развиваемая далее концепция реляционного пространства-времени апеллирует именно к отношению объектов, что отражает появление подобных представлений из очень простых понятий. В этом – порождающее действие из некоторой цельности, в которой скрыт наш мир, через разделение на части. Это задает первичные отношения, из которых строятся время и пространство.

«Предвремя» и «предпространство» возникают на уровне примитивной реляции – отношения самых общих отделенных частей: «субъект»–«объект»–«остальной мир». Но эти простые взаимные отношения несут в себе важные структуры, которые потом определяют размерности времени (одномерность) и пространства (трехмерность). Получение изначальных, еще неотчетливых характеристик, как представляется, существенно, потому что здесь зарождается и понятие движения, которое несет в себе и некоторые характеристики времени. В определении движения важным является установление повторения, разделения изначального непрерывного впечатления от мира. В возникновении понятия движения всегда присутствует некоторая способность к отождествлению и при этом здесь присутству-

ет и различие: некоторое выделяемое органами чувств тело мыслится как самотождественное, притом что оно может существовать на фоне некоторых других тел, которые предполагаются в измененной ситуации. Следовательно, движение также является реляционным понятием. Возникает вопрос, не является ли временная последовательность чем-то заранее привнесенным, как бы заложенным в саму структуру теоретического (умозрительного) прибора, применяемого для получения фотографий, где появляются образы пространственных координат частиц? Реляционные часы апеллируют к тому же опыту получения последовательности моментов времени, который используется в обычных часах, где также нет никакого навязывания извне посторонней «последовательности моментов времени», но эта последовательность выстраивается операционально в результате выполнения ряда инструкций (они всегда воспроизводятся в действиях для получения набора моментов времени в обычных часах). Упорядоченность моментов времени может быть сведена к некоторому алгоритму выполнения операций (в данном случае – нажатия кнопки затвора «идеального фотоаппарата»). Набор инструкций типа «нажать кнопку» может быть записан, например, так: «выполнить операцию, напечатанную слева», «выполнить инструкцию, напечатанную справа». Таким образом, упорядоченность моментов времени является операционально предписанной, она выстраивается нашими действиями. Фактически процедура упорядочения сводится к некоторым «примитивам» – простейшим элементам отношений, которые могут быть сведены к логическим операциям на уровне принятых в аксиоме порядка теории множеств.

Еще один аспект проблемы времени, который пытается осветить реляционная концепция – вопрос о «настоящем». Основные уравнения физики обратимы по отношению к инверсии времени, но они также всегда содержат (пусть инфинитезимальный) интервал времени. Они передают длительность, но момент времени не входит в них как понятие. Без определения «настоящего» («теперь») трудно надеяться передать и формализовать на математическом языке «невозвратимость мгновения», «необратимость времени», что, несомненно, ощущается всеми на уровне «житейского опыта». При этом время описывается одним параметром.

Мгновению приписывается одна точка на временной оси, притом она никак не индивидуализирована: в физическом формализме, где важны лишь приращения времени, сдвиг начала отсчета по времени не имеет значения. Поэтому введение некоего темпорального комплекса описания представляется необходимым: темпорология нуждается в фундаментальном приборе – «темпорографе», или «темпорометре». Такое несколько странное на первый взгляд название означает, что получение только метрических соотношений, задаваемых часами, недостаточно. Необходимо вводить часы с памятью, определяя состояние системы. Заметим, что так понимаемое «настоящее» отличается от аналогичного понятия в известной концепции Бергсона, где «длительность» противопоставлена застывшему времени физики, поскольку физическое время описывает малые интервалы, которые, по сути, одинаковы, т. е. никакого экзистенциального отличия между ними нет.

В «темпорометре» предполагается возможность получать информацию обо всех объектах мира, для этого используется «идеальный фотоаппарат». Вопрос о самой такой возможности в данном по сути статистическом подходе непринципиален – здесь ситуация аналогична обычной статистической теории. Причем соответствие между термометром и «темпорометром» не только терминологическое. Температура согласно кинетической теории есть статистическая величина (таким образом было преодолено понятие теплорода). Представляется, что время также не является субстанцией (как и флогистон, и теплород, и эфир), а носит отчетливо реляционный характер. Развиваемая нами реляционная концепция радикальна: время как понятие может быть редуцировано и фактически удалено из научного аппарата физики. Но время как обобщенная категория при этом способно обрести новые смыслы. В таком более широком взгляде на время возможно взаимодействие и с субстанциальными концепциями при построении конкретных математических и физических моделей.

3. Время, выражаемое через пространственное изменение

Мы кратко упомянем основные предположения реляционной концепции времени, а также важнейшие соотношения модели. Рассматривается система, состоящая из N частиц. Предполагается, что задана система отсчета. Для нее можно ввести декартову систему координат. В каждой точке заданного пространства помещен идеальный фотоаппарат. С помощью его можно получать «фотографии» и определять набор радиусов-векторов всех частиц $R=\{r_1, \dots, r_N\}$. Так задается «теперь». С помощью изменения положения частиц в различных фотографиях $dR=\{dr_1, \dots, dr_N\}$ вводится представление о движении. На основе такого теоретического прибора «темпометра» можно ввести величину интервала времени

$$d\tau^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N \left(dr_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j \right)^2. \quad (1)$$

Если интервал времени не равен нулю, то определяются скорости (в рамках релятивистского обобщения собственное время равно нулю на световом луче)

$$u_i = \frac{dr_i}{d\tau}, \quad i = 1, \dots, N.$$

На основе данной модели получаются кинематические и динамические соотношения ньютоновой механики и СТО (об этом подробно говорится в работах В.В. Аристова (1994; 1996; Aristov, 1995)). Приведем в весьма сжатом виде схему вывода этих соотношений. Прежде всего рассмотрим кинематическую инвариантность при сдвиговых преобразованиях координат (этому соответствуют известные соотношения для дисперсии в теории вероятностей). Инвариантность интервала модельного времени (1) при трансляционных преобразованиях устанавливается так:

$$dr'_i = dr_i - dr_0, \quad i = 1, \dots, N.$$

$$d\tau'^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N \left(dr_i - dr_0 - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (dr_j - dr_0) \right)^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N \left(dr_i - dr_0 - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j + dr_0 \right)^2 = d\tau^2.$$

Для «классического» случая все точки могут быть связаны универсальным световым сигналом (запаздывание отсутствует), и поэтому мы имеем галилеевы преобразования, и время τ является абсолютным:

$$\frac{dr'_i}{d\tau'} = \frac{dr_i}{d\tau} - \frac{dr_0}{d\tau} \quad (\text{или } u'_i = u_i - u_0), \quad d\tau' = d\tau.$$

В релятивистском случае мы моделируем собственное время, все координаты получаются с помощью фотоаппарата, расположенного в собственной системе отсчета

$$d\tau'^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N \left(dr'_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr'_j \right)^2.$$

Время в «лабораторной» системе отсчета мы можем находить, вычисляя соответствующие координаты частиц по координатам в собственной системе и с учетом сдвига

$$dr_i = dr'_i + dr_0, \quad d\tau^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N \left(dr_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j \right)^2 \quad (d\tau = d\tau' = inv).$$

Здесь учтено запаздывание светового сигнала. Подробнее (в терминах работы В.В. Аристова (1996)) $dr_0 = dr_{OA}$, где O обозначает начало отсчета «лабораторной» системы, а A соответствует положению O' начала отсчета собственной системы. Время теперь не является абсолютным, в «лабораторной» системе оно с учетом запаздывания имеет вид:

$$dt^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N \left(dr_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j + dr_0 \right)^2.$$

Видим, что $dt^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N \left(dr_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j \right)^2 + a^2 dr_0^2 = d\tau^2 + a^2 dr_0^2.$

Из этой формулы следует, что скорость в лабораторной системе ограничена

$$v_0^2 = \frac{dr_0^2}{dt_0^2} = \frac{dr_0^2}{d\tau_0^2 + a^2 dr_0^2} \leq \frac{1}{a^2} = c^2.$$

и постоянная $1/a$ сопоставляется со скоростью света в вакууме c . Имеем

$$d\tau^2 = dt^2 - dr_0^2 / c^2 = inv.$$

В предположении линейности преобразований отсюда легко получаются преобразования Лоренца.

Динамика строится в данной реляционной модели на основе кинематических соотношений, полученных из исходного уравнения (1). Понятие инертной массы вводится так. Считается, что масса $M > 1$, если M частиц системы имеют одну и ту же скорость и находятся в одной пространственной точке. Тогда

$$\sum_{i=1}^M u_i^2 = M u_1.$$

Основное уравнение (1) легко преобразуется к следующему:

$$\frac{1}{2} m \sum_{i=1}^M u_i^2 = \frac{1}{2} m \left(- \sum_{i=M+1}^N u_i^2 + N \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_j \right)^2 + \frac{N}{a^2} \right), \quad (1a)$$

где m есть множитель размерности массы (массу частицы можно положить, например, равной массе нуклона). В левой части последнего уравнения фигурирует кинетическая энергия. Правую часть уравнения можно рассматривать как потенциал силы Мира (в согласии с принципом Маха).

Для замкнутой системы скалярное уравнение (для кинетической энергии) в сочетании с групповыми свойствами дает векторное уравнение (для импульса):

$$X_\alpha \left(\frac{d}{d\tau} \sum_{i=1}^M u_i^2 \right) = 0, \quad \alpha = 1, 2, 3,$$

где инфинитезимальные операторы (генераторы) X_α имеют следующий вид (запишем его, например, для $\alpha=1$, т. е. для компоненты скорости u_{0x}):

$$X_1 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial u_{ix}}{\partial u_{0x}} \right) \frac{\partial}{\partial u_{ix}} = - \sum_{i=1}^N \frac{\partial}{\partial u_{ix}}.$$

После применения этого оператора мы получаем уравнение для сохранения импульса системы:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} \sum_{i=1}^M m u_i = 0.$$

Отсюда легко получить аналоги уравнений Ньютона. Уточним, что уравнения динамики вводятся для инерциальной системы отсчета, определяемой условием:

$$X_\alpha \left(\frac{d}{d\tau} \sum_{i=1}^M (E - N U^2) \right) = 0, \quad \alpha = 1, 2, 3, \quad E = \sum_{i=M+1}^N u_i^2, \quad U = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i.$$

Релятивистское обобщение для динамических уравнений получают так. Мы имеем следующее выражение для второго закона Ньютона:

$$\frac{du_0}{d\tau_0} = F.$$

Из релятивистской формулы для интервала (собственное время) получаем

$$u_0 = v_0 / \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}.$$

Окончательно получаем хорошо известное уравнение движения СТО:

$$\frac{dp_0}{dt_0} = F,$$

где импульс $p_0 = m v_0$, $dt_0 = d\tau_0 \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}$, а F — релятивистское обобщение ньютоновской силы, равное $F_M \sqrt{1 - v_0^2 / c^2}$ (F_M есть сила Минковского).

4. Реляционная статистическая модель пространства

Для обобщения реляционной концепции пространства-времени мы строим реляционную конструкцию пространства как конфигурацию частиц («пространство-материя», «пространство-масса»). Дискретная структура физического пространства прямо сопоставляется (на атомарных масштабах) с дискретной структурой материи. Сравнивая единицы расстояния и массы, мы пытаемся конструировать модель безразмерного описания «масса-пространство-время». Известны современные попытки построения сложных геометрических моделей на планковских масштабах. Можно в этом смысле отметить концепцию пространственно-временной «пены», предложенную Уилером (см., например, работу Хокинга (Hawking, 1978)). На больших масштабах такое пространство-время гладко и близко к плоскому. Поэтому данный геометрический образ не может быть прямо приме-

нен на атомарных масштабах (хотя и определяет интересные геометрические модели). На наш взгляд, чтобы строить последовательную иерархию геометрических моделей, надо начинать именно с масштабов порядка атомного, на которых и проявляются квантовые эффекты, чтобы затем на этой основе вводить более сложные геометрические образы меньших масштабов (вплоть до планковского).

Мы стремимся описать квантовый индетерминизм движения как проявление свойств пространства-времени. Традиционные геометрические представления возникают при изучении континуальных образов. В противоположность этому разрабатываемый статистический реляционный подход подразумевает, что непрерывная евклидова геометрия является некоторым пределом более общей дискретной геометрии. Основные положения этой геометрической схемы изложены в работах В.В. Аристов (1999), Aristov (2003). В такой статистической дискретной геометрии фактически присутствует суммирование (осреднение) с использованием макроскопических инструментов для пространственных измерений. Масштабная линейка рассматривается как некий образец однородного вещества, состоящего из атомов. Эта линейка прикладывается к объекту, длину которого мы измеряем. Процедура означает сопоставление частиц линейки и частиц объекта. Для небольших расстояний число частиц мало, и статистические флуктуации (смысл их надо определить) становятся существенными, что означает проявление дискретности структуры материи. Расстояние измеряется путем соотношения с частицами масштабной линейки. Отрезок прямой между двумя точками (частицами) определяется как линия кратчайшей длины, т. е. геодезическая на графе, который формализует дискретную среду частиц. Таким образом, определенная прямая может быть не единственной, что задает некоторый вариант неевклидовой геометрии. Привычно используемая линейка является, конечно, некоторой «вырезанной» частью дискретной среды, причем используется возможное приближение, чтобы воспроизвести (путем уменьшения толщины линейки) единственность макроскопической прямой.

Для геометрического построения используется аксиоматический метод, предложенный Гильбертом. В данном слу-

чае он тем более оправдан, что многие аксиомы совпадают с аксиомами геометрии Гильберта (некоторые из них являются простыми следствиями аксиом арифметики, что наглядно видно из предлагаемой схемы).

Применяется формализм графов (Аристов, 1999). Частицы, естественно, соотносятся с вершинами графа. Для введения понятия ребра графа делается существенное физическое утверждение о соседстве частиц (с математической точки зрения оно означает введение некоторого топологического принципа). Мы должны определить последовательность частиц рассматриваемой однородной дискретной среды, чтобы можно было говорить об упомянутой операции сопоставления частиц линейки и частиц рассматриваемого при измерении объекта. Для моделирования последовательности частиц (или на языке формализма графов – последовательности вершин) мы должны ввести понятие соседства (смежности) частиц. Пара соседних частиц (вершин) порождает ребро графа. Вследствие симметрии, которую естественно приписать однородной дискретной среде, из которой «приготавливается» масштабная линейка, рассматриваются только простые, связные, счетные, неориентированные графы. Метрические свойства вводятся общепринятым для графов способом, терминология также является с небольшими разночтениями устоявшейся. Мы будем исследовать все простые пути (маршруты) между выбранными вершинами A и B , подсчитывать число вершин между ними и отыскивать минимум (очевидно, что это всегда можно сделать). По определению любой минимальный путь между данными точками представляет собой отрезок AB прямой линии. (Отметим, что комбинаторный анализ на графе используется в современных физических построениях (Малышев, 2001), однако здесь мы не можем уделить места данному интересному вопросу.) Расстояние между указанными точками выражается числом вершин, мы обозначаем его через r_{AB} . Очевидно, что нельзя измерить расстояние меньше «одной частицы». Следовательно, есть минимальное расстояние

$$r_e = b m_e \quad (2)$$

порядка элементарной частицы. Здесь m_e – масса частицы, b – множитель, который, как предполагается, является

комбинацией из фундаментальных констант. Из (2) следует, что расстояние можно выразить в целых числах или путем умножения этого числа на единицу массы. Отметим, что метрика на графе обычно определяется количеством ребер, а не количеством вершин на пути между A и B . Тем самым добиваются полного соответствия с аксиомами метрики, поскольку, если $A=B$, то $r(A,B)=0$. В нашем подходе принципиально, что фактически эта аксиома метрики не выполняется, поскольку происходит подсчет числа вершин, а не ребер между точками A и B , поэтому есть минимальное допустимое значение в согласии с (2). Такой физический постулат позволяет описать принципиальное изменение свойств пространства и времени на атомарных масштабах, при увеличении изучаемого расстояния отношение r_e к этому расстоянию стремится к нулю, – так можно реализовать переход к обычной метрике.

Геометрическая схема строится аналогично хорошо известной гильбертовой аксиоматике, где вводятся три рода объектов: точки, прямые, плоскости. В нашей схеме точки определяются как вершины графов. Прямые вводятся не аксиоматически, а строятся на основе понятия отрезка прямой линии, соединяющего две точки (способ продолжения прямой вне этого отрезка указан в работе В.В. Аристова (1999)). Плоскость задается тремя точками, не лежащими на одной прямой. Пусть это точки A, B, C . Возьмем произвольную точку D . Если D лежит на прямых AB, BC или AC , то D лежит на плоскости ABC по определению. Если нет, то мы проводим прямую линию DF , где F есть точка, лежащая на одной из базисных прямых AB, BC или AC . Пусть это прямая AC . Если DF пересекает одну из других базисных прямых AB или BC (на самом деле в силу неединственности прямые AB или BC представляют собой целые наборы линий), мы считаем, что D лежит на плоскости ABC , в противном случае – нет. Множество точек D с указанными свойствами образует плоскость ABC .

После введения понятий точки, прямой, плоскости (два последних рода объектов строятся конструктивно на основе формализма графов) можно сформулировать всю систему аксиом данной геометрии. Она воспроизводит (за исключением трех аксиом) систему Гильберта (Ефимов, 1961). Рассмотрим кратко все пять групп аксиом. **I. Аксиомы**

связи (8 аксиом): все аксиомы справедливы, исключая вторую: «Существует единственная прямая линия, проходящая через две точки», а также пятую. **II. Аксиомы порядка** (5 аксиом): все аксиомы справедливы. **III. Аксиомы конгруэнтности** (8 аксиом): все аксиомы справедливы. **IV. Аксиомы непрерывности** (2 аксиомы): обе аксиомы справедливы. **V. Аксиома параллельных**: утверждение этой аксиомы в формулировке, что существует лишь единственная параллельная прямая, не выполняется, поскольку в данной геометрии любая прямая не единственная (заметим, что в обобщении для ОТО данной реляционной модели также возможно нарушение данной аксиомы). Система аксиом должна удовлетворять, по крайней мере, условиям полноты, минимальности и непротиворечивости. Мы оставляем систему аксиом в данном виде с учетом того, что эта проблема требует последующего изучения. Подчеркнем, что некоторые важные характеристики пространства могут считаться пока незадаанными. Например, размерность пространства фактически вводится обычно аксиоматически, когда задаются три рода объектов: точки, прямые, плоскости – и предполагается, что есть точки, не лежащие на одной плоскости. В рассматриваемой модели можно вводить и более сложные объекты, составленные из точек (гиперплоскости или «объемы»), с тем чтобы получать пространства более высокой размерности, чем необходимо при изучении комбинаторных и статистических закономерностей различных распределений.

Рассмотрим возможный переход к евклидовой (макроскопической) геометрии. В силу неединственности прямой предположим, что число отрезков AB равно N_{AB} . При этом каждый из них имеет длину r_{AB} . Назовем сечением этих отрезков AB на расстоянии $1 \leq r \leq r_{AB}$ множество вершин, расположенных на одном и том же расстоянии r от A . Ясно, что число отрезков, пересекающих каждое сечение, одно и то же и равно N_{AB} . Рассмотрим все вершины (точки) для фиксированного сечения, расположенного на расстоянии r от A . Пусть N_C есть число отрезков (из указанного числа N_{AB}), пересекающих одну из таких вершин C . Мы можем трактовать величину $p_C = N_C / N_{AB}$ как вероятность того, что отрезок AB пересекает данное сечение в точке C (это можно сопоставить с вероятностью того, что при измерении соответствующая точка изме-

ряемого предмета окажется рядом с точкой C). Рассмотрим вершину E , для которой вероятность p_E максимальна. В данном сечении рассмотрим прямую, пересекающую точку E . Пусть расстояние в этом сечении между точкой E и произвольной точкой C равно x . Мы можем приписать этой координате x вероятность p_C . Можно поэтому определять математическое ожидание и дисперсию этой величины. Дисперсия этого случайного распределения могла бы характеризовать «толщину трубки», образованную всеми отрезками AB . Пусть D есть максимум дисперсий распределений для всех прямых линий, пересекающих точку E .

Единственность отрезка евклидовой геометрии может трактоваться так: отношение указанной толщины к r_{AB} должно стремиться к нулю для макроскопических масштабов. Более точно: переход к евклидовой геометрии полагается выполненным, если $\sqrt{D_{\max}}/r_{AB} \rightarrow 0$ ($r_{AB} \rightarrow \infty$), где $D_{\max}$ есть максимум из всех дисперсий D по всем сечениям для всех r . Важно показать, что такие распределения частиц (графы в формальной реализации) существуют. Приведем простейший пример статистического вычисления на графе со следующими свойствами. Для регулярного графа степень инцидентности N_{inc} есть постоянная величина для каждой вершины (степень инцидентности означает число вершин, смежных с каждой из вершин этого симметричного графа – иногда говорят о числе ребер, инцидентных вершине). Рассмотрим граф четной степени, т. е. $N_{inc}=2q$, где q есть целое число. Число отрезков AB равно мультиномиальному

(по аналогии с биномиальным) числу $\frac{n}{n_1, n_2, \dots, n_q} = \frac{n!}{n_1! n_2! \dots n_q!}$,

$n_1 + n_2 + \dots + n_q = q$. Такая комбинаторная задача рассмотрена, например, в книге С. Берга (Berge, 1971), где определяется число путей из A в B одинаковой длины, соответствующей длине отрезка AB . При этом для описания графа вводится q -мерная решетка. Для такого регулярного графа легко ввести координатную систему. Рассмотрим вычисления для случая $N_{inc}=4$. Если координаты точки A есть $(0,0)$ и точки $B(m,n)$, то расстояние между точками (вершинами) A и B равно

$r_{AB}=m+n$, а $N_{AB} = \frac{(m+n)!}{m!n!} = C_{m+n}^m$ есть число всех возможных

отрезков AB , где C_q^p есть биномиальные коэффициенты.

Указанная вероятность $p_{C(i,j)}$ для точки C с координатами (i,j) , где $0 \leq i \leq m$, $0 \leq j \leq n$ определяется так: $p_{C(i,j)} = \frac{N_C}{N_{AB}} = \frac{N_{AC} N_{CB}}{N_{AB}} = \frac{C_{i+j}^i C_{m+n-i-j}^{m-i}}{C_{m+n}^m}$.

В качестве простого иллюстративного примера рассмотрим случай $m=n$ («ромб»). Тогда указанная вероятность равна

$$p_{C(i,j)} = \frac{C_{i+j}^i C_{2n-i-j}^{n-i}}{C_{2n}^n}.$$

Рассмотрим вершины с координатами (i,j) для фиксированного сечения, расположенного на расстоянии r от точки A ($i+j=r=const$). Любое сечение пересекает одно и то же число отрезков, а именно C_{2n}^n . Применяя хорошо известные формулы для биномиальных коэффициентов, получаем естественное утверждение, что сумма вероятностей в данном сечении равна единице: $\sum_{i=0}^r \frac{C_i^i C_{m+n-r}^{m-i}}{C_{m+n}^m} = 1$. Предпо-

лагаем, что получим максимум дисперсии через сечение, если рассмотрим случай $r=n$. При этом $p_{C(i,n-i)} = \frac{C_i^i C_{2n-n}^{n-i}}{C_{2n}^n} = \frac{C_i^i C_n^{n-i}}{C_{2n}^n} = \frac{(C_n^i)^2}{C_{2n}^n}$.

Введем центрированную переменную $l=i-(1/2)n$ (аналогичную упомянутой выше координате x) и, используя известное приближение, применяемое часто в физических оценках для $1 \ll l \ll n$ (см., например, Киттель, 1974), получим $C_n^i = 2^n \sqrt{2/(n\pi)} \exp(-2l^2/n)$. По формуле Стирлинга $p_{C(i,n-i)} = p_{C(n/2+l, n/2-l)} \approx 2/\sqrt{(n\pi)} \exp(-4l^2/n)$. Следовательно, $\sqrt{D_{\max}} = \sqrt{n}/(2\sqrt{2})$, т. е. переход к евклидовой геометрии возможен при увеличении расстояния (по сравнению с минимальной величиной), поскольку $\sqrt{D_{\max}}/r_{AB} \rightarrow 0$, ($r_{AB}=2n \rightarrow \infty$).

Важно отметить, что в традиционном описании есть три независимые физические единицы: времени, длины и массы. В предлагаемой модели устанавливается связь («операциональная») между указанными независимыми размерностными единицами. Связь с обычным описанием может быть реализована с помощью размерных множителей, которые должны быть выражены через фундаментальные постоянные, чтобы придать уравнениям универсальный смысл. Значит, в качестве уравнений, репрезентирующих происходящее в мире, могут служить некоторые, по сути безразмерные математические соотношения, но не любые, а лишь такие, где фигурируют величины, которые могут быть связаны с физически изме-

римыми величинами с помощью фундаментальных приборов – часов и линеек.

Построения реляционного подхода указывают на связь постулатов (законов) физики и аксиом математики. Математические аксиомы (коммутативный закон, ассоциативный закон и т. д.) позволяют получать различные комбинации величин, например, из исходного уравнения (1), содержащего сумму, путем разбиения на части можно получить уравнения для динамически значимых величин (см., например (1a)). По сути, уравнение (1a) является тождеством: пока величинам не придан физический смысл, здесь фиксируются преобразования, обеспеченные математическими аксиомами. Только затем, опираясь на придание некоторым комбинациям величин физического содержания (в данном случае – связывая интервал времени с определенной суммой), этому уравнению приписывается определенный физический смысл. Подчеркнем, что уравнение (1a) рассматривается как исходное для получения динамических выражений, чтобы связать его с обычными физическими величинами, мы используем смысл выражения для времени (1). В нашей работе (Аристов, 1994) указано, что физические часы на малую величину статистической ошибки отличаются в показаниях от записанных через суммы, на чем может быть основана экспериментальная проверка правильности теории.

Математическое «широкое» знание проецируется с определенным «сужением» в физическое описание с помощью заданных фундаментальных приборов – часов и линеек. Причем предполагается получить все известные уравнения, исходя из моделей пространства и времени, чтобы обеспечить выполнение принципа соответствия. Пространство и время есть «последние», самые абстрактные понятия, которые не «расшифровываются» в традиционной физической модели. После установления фундаментальных уравнений для этих понятий абстрактные чисто математические понятия будут указываемым образом соединяться с физическими понятиями. Традиционные физические уравнения имеют определенный вид, поскольку определенный вид имеют соотношения, заложенные в конструкции фундаментальных инструментов – часов и линеек. Допустимо построение других инструментов, с другими математическими

закономерностями, «внесенными» в них при их конструировании: тогда и уравнения, описывающие реальность, могут быть другими. Например, можно представить, что вместо уравнения (1) используется другое уравнение, где интервал перемещения частицы входит с весом, равным обратной величине расстояния от начала отсчета до этой частицы. Тогда изменятся и уравнения движения. Физический смысл появится, если удастся построить новые часы, которые учитывали бы новый способ осреднения движения. Для изучения возможности построения других фундаментальных приборов и изучения их свойств (в частности, с использованием компьютерного моделирования) допустимо предположить разработку гипотетической дисциплины – физической математики. В результате указанных построений может быть выработана общая теоретическая схема «числа-частицы-пространство-время». Для реализации такой «неопифагорейской» программы требуются достаточно большие усилия.

5. Соотношение неопределенности и квантовые эффекты

Эффекты квантовой физики могут быть соотнесены с тем фактом, что в рассматриваемом реляционном описании точность измерения временных и пространственных интервалов ограничена. Отклонения от классической детерминистической физики начинают ощущаться по мере приближения к атомарному масштабу массы (и, соответственно, расстояния, выражаемого в данной реляционной модели в единицах массы). Соотношения имеют релятивистский вид, поскольку из-за ограничения на скорость ограниченными оказываются и временной, и пространственный интервалы. А именно, учитывая соотношение (2), находим, что пространственное приращение для каждой пространственной координаты x : $\Delta x \geq r_e = b m_e$. Так как время является зависимой величиной, то получим ограничение и для временного интервала. Запишем основное уравнение (1) для приращений Δt , Δr_i (т. е. малых, но конечных величин). Используя ограничения для приращения расстояния, связанные с тем, что нельзя измерить величину меньшую, чем $|\Delta r_i| \geq r_e$ ($i=1, \dots, N$),

получим $\Delta \tau = a \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\Delta r_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Delta r_j \right)^2} \geq a d_r r_e$. Множитель $d_r \sim 1$ воз-

никает при естественных предположениях о случайном распределении векторов Δr_i (например, для атомов в реальном мире), которые не равны средней величине приращения $\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \Delta r_j$. Аналог соотношения неопределенности может

быть получен, если мы оценим произведение приращений координат и скорости. Существенно то, что с указанными ограничениями на приращения координат и времени скорость определяется как следующий предел $u_x = \lim_{\Delta \tau \rightarrow \tau_e(\Delta x \rightarrow r_e)} \frac{\Delta x}{\Delta \tau}$

(в традиционном пределе приращения координат и времени стремятся к нулю). Так как мы рассматриваем предел при условии, что приращения всех координат стремятся к возможному минимальному значению, получаем, что модуль приращений всех частиц $|\Delta r_j|$ стремится к одной и той же величине r_e . Таким образом, приращение Δu_x оказывается порядка u_x , поскольку оценка относительной ошибки скорости дает $\frac{\Delta u_x}{u_x} \approx \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x} + \frac{\Delta(\Delta \tau)}{\Delta \tau} \approx 1$. Следовательно, $\Delta u_x \sim r_e / \tau_e \sim 1/a = c$ (напомним, что c есть среднеквадратичная скорость, что следует из уравнения (1) и релятивистского обобщения). Отметим, что полученные ограничения соответствуют релятивистскому принципу неопределенности (Берестецкий и соавт., 1980). В нашем случае мы имеем дело с частицами, имеющими ограничение в максимально возможной скорости. В результате мы получаем для свободной частицы $\Delta p_x \Delta x = m_e \Delta u_x \Delta x \sim m_e r_e / a = m_e r_e c$. Если мы сопоставим эту величину с постоянной Планка, то получим $m_e r_e c = h$ или $r_e = h / (m_e c)$. Последняя формула может быть соотнесена с комптоновской длиной волны, и, если мы предположим, что m_e есть масса нуклона, тогда r_e (с точностью до нескольких порядков) равна величине диаметра нуклона. Отсюда находим выражение через фундаментальные константы коэффициента, который в формуле (2) связывает размерность длины и массы: $b = h / (m_e^2 c)$.

На микроскопических масштабах понятие траектории теряет свой смысл в силу неединственности прямой линии и поскольку дифференцируемость кривой также перестает быть определяемой. Для иллюстрации индетерминизма рассмотрим свободное движение частицы. Теперь вместо стандартного уравнения движения $u'_x = 0$ мы имеем другое

уравнение, записанное для конечных разностей

$$u_x = \lim_{\Delta \tau \rightarrow \tau_e} \frac{u_x(\tau + \Delta \tau) - u_x(\tau)}{\Delta \tau} = u'_{mx} + \frac{1}{2} u''_{mx} \tau_e = 0.$$

Здесь формально предполагается, что существуют соответствующие производные u'_{mx} , u''_{mx} (для недифференцируемых величин такие производные должны трактоваться как некие средние величины). Мы видим, что в уравнении движения появляются дополнительные члены. В частности, аналог уравнения Гамильтона–Якоби должен содержать дополнительные члены порядка планковской постоянной h . Для строгого получения уравнений Шредингера и Дирака можно использовать современный аппарат, так что уравнения квантовой механики получаются из уравнения диффузии с дополнительным членом (Nelson, 1995), где он вводится *ad hoc* или на основе фрактальной модели (Ord, 1996). В реляционной концепции эти добавочные члены появляются как следствие основных предположений и соотношений. Получение аналогов уравнений квантовой механики (возможно, здесь важно установить соответствие реляционного статистического подхода и метода Фейнмана) выходит за рамки работы.

6. Обобщения для реляционной модели пространства

Полученная модель пространства открывает путь не только к пониманию квантовых закономерностей, но и к теории, где могут быть выведены уравнения физических взаимодействий (см. раздел 7). Сейчас укажем на еще одну возможность обобщения, позволяющего вывести соотношения общей теории относительности (ОТО). В рамках предложенной реляционной модели в разделе 3 было получено плоское пространство-время Минковского. Причем данная модель пространства-времени соответствует не пустоте (как в традиционной теории), но фактически некой фоновой осредненной материальной среде, что соотносится с обобщенным принципом Маха.

Получим выражение для интервала, или, фактически, (с точностью до множителя) инвариантного собственного

времени на основе введенного реляционного пространства, где расстояние может быть выражено через свойства дискретной среды. Поэтому можно предположить (это оправдано статистичностью модели), что величина приращения перемещения для пробной частицы выражается через осреднение по всем приращениям перемещений частиц системы. Если среда однородная, мы получаем прямолинейное движение. Однородная материальная среда совпадает по своим свойствам с однородной модельной дискретной средой, задающей способ измерения на основе масштабной линейки. Расстояние, проходимое частицей, помещенной в начало координат движущейся системы отсчета, выражается так:

$$dr_{(OA)}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N dr_{(OA)i} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_{(O)j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (dr_{(OA)i} - dr_{(O)i}).$$

Здесь обозначения аналогичны обозначениям в разделе 3. Временной интервал есть инвариант относительно сдвигов на постоянную величину, поэтому имеем

$$d\tau_{(OA)}^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N (dr_{(OA)i} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_{(OA)j})^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N (dr_{i(OA)} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_{j(O)})^2 - a^2 \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (dr_{j(OA)} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N dr_{i(O)})^2.$$

$$d\tau_{(OA)}^2 = dt_{(OA)}^2 - a^2 dt_{(OA)}^2, \quad dt_{(OA)}^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=1}^N (dr_{(OA)i} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_{(OA)j})^2.$$

В случае неоднородного распределения вещества (что определяется при сравнении с эталонным распределением вещества однородной среды, из которого изготавливаются масштабные линейки) меняются фактически метрические свойства пространства, а следовательно, и времени в данной реляционной модели. Если имеются массивные тела, то осреднение по всем частицам реальной среды, где имеются неоднородности, будет отличаться от осреднения по частицам однородной пробной среды, которая и задает измерительную процедуру. В этом случае мы будем наблюдать отклонение от прямолинейного движения, что можно на привычном языке трактовать как результат воздействия указанного массивного тела. Интервал времени также изменится:

$$d\tau_{(OA)}^2 = dt_{(OA)}^2 - a^2 g_{\alpha\beta} dx_c^\alpha dx_c^\beta, \quad \alpha, \beta = 1, 2, 3.$$

Значит, в присутствии массивных тел можно ожидать отклонения свойств пространства, а следовательно, и пространства-времени от фонового плоского пространства-вре-

мени. Это означает, что метрика пространства-времени изменится. Метрические коэффициенты в интервале римановой геометрии можно соотнести с гравитационными свойствами массивного тела.

7. Потенциалы взаимодействий

Уравнения движения являются в реляционной модели следствием основного уравнения (1) связи пространства и времени (интервал времени выражается операционально в единицах пространственных связей). Второе основное уравнение модели получается при операциональном соотношении измерения расстояния с конфигурацией. Размерность пространства выражается через размерность массы, что определяется уравнением (2). В традиционном описании уравнения движения должны быть дополнены уравнением взаимодействия (соотношение для силы). Но в реляционном подходе уравнения для потенциала будут не постулируемыми положениями, а следствиями уравнений более глубокого уровня, а именно – предложенных соотношений непосредственной связи пространства, времени, материи (массы) и, как указывалось, числа.

Соотношения модели позволяют построить две различные суммы безразмерных величин. Одна соответствует сумме квадратов скоростей, вторая сумма может быть образована из отношений масс и расстояний до каждой из частиц мира от некоего центра отсчета. Можно соотнести эти две безразмерные суммы, предполагая, что есть два случайных распределения, и осредненные величины могут быть равны друг другу из закономерностей теории вероятностей. Подчеркнем, что здесь нет «физического смысла», соответствующего понятию силы. Связь здесь чисто математическая, но в согласии с упомянутым соотношением между математическим и физическим описанием такой подход является последовательным.

Наиболее естественным в рамках предлагаемого подхода представляется введение величины, аналогичной гравитационному потенциалу путем рассмотрения изменения интервала времени в присутствии массивного тела. При этом происходит уменьшение величины интервала времени, что можно сопоставить с известным релятивистским

эффектом замедления времени в гравитационном поле. Отсюда находится выражение, сопоставимое с гравитационным потенциалом.

Будем полагать, что имеется массивное тело, состоящее из M частиц. Как указывалось ранее, это означает, что M частиц обладают одинаковыми кинематическими свойствами. Полагается также, что все частицы находятся в одной пространственной точке. Значит, соответствующие (новые) приращения будут одинаковы $dr_{2(n)} = \dots = dr_{M+1(n)}$; если отсчет расстояния до указанного тела массы $m = Mm_e$ ведется от тела (частицы) с номером 1, то имеем $r_{12} = \dots = r_{1M+1}$. Положим для простоты, чтобы сразу выявить основное математическое соотношение, что $dr_{2(n)} = \dots = dr_{M+1(n)} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j$ (если указанные равные между собой величины будут отличаться от данной средней на некоторую постоянную, это не повлияет на значение интервала времени в силу инвариантности собственного времени относительно сдвигов). Тогда в сумме для интервала времени будет на M членов меньше, и новый интервал времени выглядит так:

$$d\tau_{(n)}^2 = \frac{a^2}{N} \sum_{i=M+2}^N (dr_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j)^2 = d\tau^2 (1 - \frac{a^2}{N} \frac{1}{d\tau^2} \sum_{i=2}^{M+1} (dr_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N dr_j)^2).$$

Выражение через скорости дает $d\tau_{(n)}^2 = d\tau^2 (1 - \frac{a^2}{N} \sum_{i=2}^{M+1} (u_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_j)^2)$.

Соотнеся это выражение с уменьшенным интервалом времени, имеем

$$\phi = \frac{1}{4} \frac{a^2}{N} \sum_{i=2}^{M+1} (u_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_j)^2, \quad (3)$$

где данная величина естественно соотносится с гравитационным потенциалом в формуле для релятивистского замедления времени (причем, если все частицы соединяются в одну массу, интервал времени стремится к нулю): $d\tau_{(n)} = d\tau (1 + \frac{2\phi}{c^2})$. Попытаемся, как было упомянуто, сопоставить безразмерной сумме (3) другую безразмерную сумму «по тем же частицам», но из отношений масс и расстояний

$$\phi_{ep.M} = -G \sum_{i=2}^{M+1} \frac{m_e}{r_{1i}}, \quad (4)$$

где G – гравитационная постоянная, r_{1i} – расстояние между 1-й и i -й частицей. Чтобы соотнести две суммы (3) и (4), рассмотрим их в «глобальном» варианте, поскольку гравитационное взаимодействие присутствует на всех расстояниях. При этом мы хотим получить основные соотношения между фундаментальными постоянными, которые называют «космологическими совпадениями», где связывается фактически микро- и макромир. Значит, мы должны рассмотреть наши соотношения на всех масштабах, начиная с минимального расстояния, связываемого с одной частицей, вплоть до радиуса мира в модели замкнутой вселенной (N конечно). Здесь будет реализовываться принцип Маха и в обобщенном, и в узком смысле, поскольку пространство-время обусловлено существованием материи и поскольку все взаимодействия связаны с наличием «далеких звезд». Глобальный «гравитационный» потенциал имеет вид $\phi_{ep.N} = -G \sum_{i=2}^N \frac{m_e}{r_{1i}}$. Можно заметить, что основной вклад в этот потенциал вносят далекие объекты (отдаленные звезды), поскольку в сферической системе координат достаточно просто определить, что тонкий слой для сферы радиуса порядка R дает основной вклад. Будем поэтому полагать, что все расстояния в последней сумме – порядка «радиуса мира»: $r_{1i} \sim R$. «Космологические совпадения» означают, что отношение «макрокосмической» величины радиуса мира к «микрокосмическому» радиусу атома по порядку величины равно корню квадратному из числа частиц мира, а также отношению электромагнитной и гравитационных постоянных. Причем на первом уровне исследования важно получить все величины согласованными с точностью до нескольких порядков, поскольку характерные значения отношений чрезвычайно велики, порядка 10^{40} (в частности, постоянная тонкой структуры будет получена равной величине порядка единицы, в дальнейшем надо уточнить соотношения). Положим, что $R = A r_e$, где A – пока неизвестная константа. Учитывая связь между расстоянием и массой $r_{1i} = A b m_{1i}$, получим выражение для ожидаемого гравита-

ционного потенциала $\phi_{ep.N} = -G \sum_{i=2}^N \frac{m_e}{A b m_{1i}} = -\frac{G}{A b} \sum_{i=2}^N \frac{m_e}{m_{1i}}$. Причем можно рассматривать отношение $\frac{m_e}{m_{1i}} = f_i$ как некоторую случай-

ную величину. Сумму этих величин можно сопоставлять со среднеквадратичным средним (с суммой некоторых других N безразмерных случайных величин), а именно с суммой $\frac{1}{c^2} \sum_{i=2}^N (u_i - \frac{1}{N} \sum_{j=2}^N u_j)^2$. Заметим, что каждый случайный член в первой и во второй сумме по порядку величины равен единице. Сопоставим средние от этих сумм безразмерных случайных величин. Согласно предельным теоремам эти величины отличаются на величину малую по сравнению с каждой из сумм

$$\frac{1}{N} \sum_{i=2}^N \frac{(u_i - \frac{1}{N} \sum_{j=2}^N u_j)^2}{c^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=2}^N \frac{m_e}{m_{li}} + O\left(\frac{1}{\sqrt{N}}\right). \quad (5)$$

Теперь подставим в уравнение для кинетической энергии 1-й частицы вместо суммы по квадратам скоростей всех других частиц выражение для суммы из (5), которое сопоставляется с гравитационным потенциалом. Причем, так как это равенство получено с точностью до некоторой статистической ошибки, фактически гравитационная и инерционная массы не будут в точности равны друг другу. Правда, относительная ошибка чрезвычайно мала и при общем числе частиц (нуклонов) в мире 10^{80} (так называемое число Эддингтона) составляет величину порядка 10^{-40} . С учетом этих соотношений получим выражение для N через мировые фундаментальные постоянные. Из (3)–(5) имеем (с точностью до несущественного числового множителя)

$$\frac{1}{N} \sum_{i=2}^N \frac{(u_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_j)^2}{c^2} = \frac{G}{Abc^2} \sum_{i=2}^N \frac{m_e}{m_{li}}.$$

Значит, $\frac{G}{Abc^2} = \frac{1}{N}$, т. е. с учетом выражения для b получаем

$$A = \frac{GNm_e^2}{hc}. \quad (6)$$

Получим теперь, основываясь на выражении для аналога гравитационного потенциала для всех частиц мира, аналог электростатического потенциала. Будем полагать, что каждая частица состоит из двух частиц различной динамической природы: «электрона» и «протона». Будем связывать с каждой из них потенциалы противоположных

знаков. В статическом равновесии частица должна уравновешиваться воздействием («притяжением») ближайшей и всех остальных частиц. Соответственно, запишем равенство таких потенциалов:

$$-\frac{e}{r_e} = e \sum_{i=2}^N \left(\frac{1}{r_{li(e)}} - \frac{1}{r_{li(p)}} \right). \quad (7)$$

Учитывая, что суммы случайных величин противоположных знаков взаимно сокращаются, в соответствии с соотношениями теории вероятностей получаем с точностью до нескольких порядков

$$\sum_{i=2}^N \left(\frac{1}{r_{li(e)}} - \frac{1}{r_{li(p)}} \right) = \frac{1}{\sqrt{N}} \frac{e}{Ab} \sum_{i=2}^N \frac{1}{m_{li}}. \quad (8)$$

Используя соотношения $r = mb_e$, $m_{li} \sim m_e$, а также (7) и (8), получаем

$$A \frac{e}{bm_e} \approx \frac{e}{\sqrt{N}bm_e} N.$$

Отсюда находим одно из соотношений «космологических совпадений»

$$A = \sqrt{N}. \quad (9)$$

Для числа частиц 10^{80} соотношение между радиусом мира и размером атома $R \sim 10^{40} r_e$. С учетом (6) из (9) получаем

$$\frac{G\sqrt{N}m_e^2}{hc} = 1. \quad (10)$$

Для получения еще одного соотношения «космологического совпадения» сопоставим силу, соответствующую потенциалу притягивающей силы со стороны «электрона», с притягивающей силой со стороны всех остальных частиц мира. В (8) эта сила соотносилась с силой притяжения как результат суммирования всех электростатических потенциалов частиц. Сделаем предположение, что она равна суммарной силе всех частиц (именно малость гравитационной силы по сравнению с электромагнитной объясняется взаимопогашением электромагнитных сил частиц разных знаков), получаем

$$-\frac{e^2}{\sqrt{N_e}} \sum_{i=2}^N \frac{1}{r_{li}^2} = -m_e G \sum_{i=2}^N \frac{m_e}{r_{li}^2},$$

Отсюда $e^2 = \sqrt{N} G m_e^2$ или $\frac{e^2}{G m_e^2} = \sqrt{N} \approx 10^{40}$. Это еще одно известное соотношение «космологических совпадений» (современное состояние вопроса о таких соответствиях описано в работе М. Кафатоса с соавторами (Kafatos et al, 2000)). Отсюда с учетом (10) выводим с точностью до нескольких порядков соотношение, соответствующее постоянной тонкой структуры (получение точного значения выражения для постоянной тонкой структуры и других числовых «констант» физического мира – дело последующих построений; среди многочисленных попыток, связанных с получением этих числовых закономерностей, отметим работы Эль Насчи (El Naschie, 2002)):

$$\frac{e^2}{hc} = \frac{\sqrt{N} G m_e^2}{G \sqrt{N} m_e^2} = 1.$$

В дальнейшем предполагается также получать другие физические соотношения, где величина корня квадратного из числа частиц играет роль некоего масштабного множителя, определяющего переход на другой уровень масштабов величин, например, для планковской длины L соотношение ее с атомарными размерами имеет порядок

$$\frac{r_e}{L} = \frac{h / (m_e^2 c)}{\sqrt{hG} / c^3} = \frac{e}{m_e \sqrt{G}} = \sqrt[4]{N} \sim 10^{20},$$

что соответствует реальным физическим величинам.

8. Заключение

В работе намечены направления обобщения реляционной статистической концепции, основное внимание было уделено построению реляционной модели пространства и определению связи теории пространства-времени с понятиями материи и числа. Указана возможность получения описания взаимодействия (что интерпретируется в традиционных терминах силы, поля и т. д.). Вне рамок статьи (в силу ограниченного объема) остались построения выражения необратимого времени в данной статистической модели. Обозначен путь к получению квантового описания: данная более широкая модель (по сравнению с обычной) содержит, на наш взгляд, такую возможность. Лишь упомянута перспектив-

ная возможность построения иных по сравнению с традиционными инструментов для описания пространственно-временных отношений: теоретических, модельных (на основе обращения к компьютерному моделированию) и/или «материальных» приборов. В основном изложение апеллировало к установлению и реализации принципа соответствия (что, с нашей точки зрения, является необходимым) по отношению к традиционной физической парадигме. Однако надо отметить гипотетические эффекты, которые отличают разрабатываемую модель от традиционной (отличия лежат за пределами современных экспериментальных возможностей): различия в массах элементарных частиц одного типа, нарушение принципа эквивалентности, изменения в уравнениях движения при приближении скоростей частиц к скорости света (предполагается, что относительное отличие должно быть порядка 10^{-40}).

ЛИТЕРАТУРА

- Августин Аврелий. Исповедь Блаженного Августина, епископа Гиппонского. М.: RENAISSANCE. 1991. 492 с.
- Аристов В.В. Статистическая модель часов в физической теории // Доклады РАН 1994. Т. 334. С. 161–164.
- Аристов В.В. Реляционная статистическая модель часов и описание физических свойств времени // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд. МГУ, 1996. С. 48–81.
- Аристов В.В. Статистическая механика и модель для описания пространства-времени // Сообщения по прикладной математике. М.: Вычислительный центр РАН, 1999. 22 с.
- Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Квантовая электродинамика. М.: Наука, 1980. 704 с.
- Ефимов Н.В. Высшая геометрия. М.: Гос. изд. физ.-мат. лит, 1961. 580 с.
- Киттель Ч. Статистическая термодинамика. М.: Наука, 1974. 336 с.
- 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. М.: Изд. МГУ, 1996. С. 235–288.
- Малышев В.А. Гиббсовские и квантовые дискретные пространства // УМН. 2001. Т. 56. Вып. 5 (341). С. 117–172.
- Молчанов Ю.Б. Четыре концепции времени в философии и физике. М.: Наука, 1977. 192 с.

Молчанов Ю.Б. Проблема времени в современной науке. М.: Наука, 1990. 178 с.

Уитроу Дж. Естественная философия времени. М.: Прогресс, 1964. 432 с.

Чанышев А.Н. Курс лекций по древней и средневековой философии. М.: Высшая школа, 1991. 512 с.

Aristov V.V. Relative statistical model of clocks and physical properties of time // A.P. Levich (ed.). On the way to understanding the time phenomenon: the constructions of time in nature science. Singapore: World Scientific. 1995. P. 26–45.

Aristov V.V. On the relational statistical space-time concept // R. Buccheri et al. eds. The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. P. 221–229.

Barbour J. The end of time – the next revolution in physics. Oxford: Oxford University Press. 1999. 327 p.

Berge C. Principles of combinatorics. N.Y. and L.: Academic Press, 1971. 268 p.

El Naschie M.S. The exact mass of the electron via the transfinite way // Chaos, Solitons and Fractals. 2002. V. 14. P. 523–524.

Hawking S.W. Spacetime foam // Nuclear Physics. 1978. B144. P. 349–362.

Kafatos M., Roy S., and Amoroso R. Scaling in cosmology and the arrow of time // R. Buccheri et al. (eds.) Studies on the Structure of Time: From Physics to Psycho(patho)logy. N.Y.: Kluwer Academic / Plenum Publishers, 2000. P. 191–200.

Nelson E. Quantum Fluctuations. Princeton. NJ: Princeton University Press, 1995. 264 p.

Ord G.N. Fractal spacetime and the statistical mechanics of random walks // Chaos, Solitons and Fractals. 1996. V. 7. P. 821–843.

ГЛАВА VIII

Михаил Х. Шулман

Кафедра моделирования времени
как феномена расширения Вселенной
Web-Института исследований
природы времени Оргтехдиагностика;
shulman@dol.ru

Время как феномен расширения Вселенной

Рассмотрена модель Вселенной (близкая к модели Фридмана-Эйнштейна) в виде 3-мерной гиперповерхности шара в чисто евклидовом 4-мерном континууме. Дан анализ ограничений принципа эквивалентности Эйнштейна и роли статического давления материи, найдено новое решение космологических уравнений. Время отождествляется с возрастающим радиусом Вселенной и всегда направлено по нормали к гиперповерхности шара. Физический смысл приписывается не частицам, а их мировым линиям, на этой основе и с учетом расширения Вселенной раскрывается суть феномена движения тел. Показана ограниченность принципа относительности, объясняется экспериментальный факт анизотропии реликтового излучения. Формулируется гипотеза, что масса частицы есть квантовое число – отношение диаметра Вселенной к длине волны де Бройля – которое растет со временем. В новой космологии модель Большого взрыва, предполагающая сохранение массы и энергии Вселенной, заменяется на модель «энергетического насоса». С новых позиций рассмотрена проблема необратимости эволюции Вселенной.

Ключевые слова: космологическая постоянная, гравитационный парадокс, стрела времени, тяготение, сохранение энергии, выделенная система отсчета, масса покоя, радиус кривизны, закон Хаббла, отрицательное давление, пылевидная материя, критическая плотность.

1. Введение

Природа времени до сих пор остается недостаточно ясной для естествознания и натурфилософии.

В механике Ньютона время представляет собой некоторый универсальный параметр. Его значение по неизвестной для нас причине неуклонно возрастает одинаковым образом во всех точках Вселенной. Все физические процессы происходят в пространстве в соответствии с течением времени.

В специальной теории относительности (СТО) время и пространство объединены в 4-мерный континуум. Однако и там время сохраняет особый характер, что проявляется в использовании комплексных чисел при описании метрики. В СТО также подразумевается рост времени в любой системе отсчета.

Общая теория относительности (ОТО) позволила связать свойства времени с полями тяготения и геометрией пространства. Течение времени стало связываться с пространственным расширением Вселенной.

Традиционное описание физических процессов основано на использовании представления о ходе времени в качестве первичного, исходного. С другой стороны, в современной физике делаются попытки прийти к понятию времени как ко вторичному, дедуцируемому или конструируемому на базе некоторых иных (микроскопических) фундаментальных понятий (Владимиров, 1998).

Однако возможен и третий путь, в известной мере противоположный первому. Он лежит в основе представленной публикации и в качестве отправной точки содержит следующий вопрос: «А не существует ли во Вселенной процесса, имеющего исключительно общий характер, который мог бы породить физическое время?»

Такой фундаментальный космологический процесс действительно существует и хорошо известен науке. Это – расширение Вселенной, открытое в первой трети XX века американским астрономом Э. Хабблом и другими (Шаров, Новиков, 1989). Под ним понимается не удаление тел от общего центра, а «всеобщее» увеличение расстояний между всеми 3-мерными телами. Похожее «разбегание» 2-мерных фигур происходит на поверхности воздушного шара при его заполнении газом. При этом центр шара не принадлежит поверхности, а все точки поверхности шара (Вселенной) равноправны.

Чуть раньше, чем экспериментальные наблюдения, к тем же представлениям привела и теоретическая физика. Как известно, в 1905 году появилась специальная теория относительности, а к 1916 году – общая теория относительности Эйнштейна. После этого, начиная с работ А.А. Фридмана, была развита модель расширяющейся Вселенной.

2. Нестационарная космологическая модель Эйнштейна–Фридмана

Современные представления об эволюции Вселенной восходят к простейшей космологической модели Эйнштейна–Фридмана (Эйнштейн, 1955), оперирующей с трехмерным неевклидовым пространством переменного во времени радиуса кривизны R (сферической гиперповерхностью 4-мерного евклидового шара). Указанное пространство предполагается в этой модели изотропным и заполненным «пылевидной» материей, а время выступает в качестве формального параметра, от которого и зависит «текущая» кривизна пространства. Уравнения Фридмана–Эйнштейна записываются в виде:

$$k(c/R)^2 + (R'/R) - 2(R''/R) = -8 \cdot \pi \cdot G \cdot P / c^2$$

$$k(c/R)^2 + (R'/R) = -8 \cdot \pi \cdot G \cdot \rho / 3,$$

где G – постоянная в законе всемирного тяготения Ньютона, c – скорость света, ρ – плотность, P – давление, $k=0$, или -1 в зависимости от знака кривизны. Штрих здесь обозначает дифференцирование по времени.

Скалярное давление, которое содержится в правой части первого уравнения, может быть обусловлено скоростями частиц, т. е. связано с их кинетической энергией, так что для покоящейся материи такое (динамическое) давление равно нулю. Первоначально Эйнштейн пытался использовать отрицательное давление, не связанное с движением материи, чтобы получить не зависящее от времени решение. Это был вынужденный шаг с его стороны, поэтому позже он отказался от этой идеи в пользу нестационарного решения, предложенного Фридманом.

Хорошо известны три класса таких решений, выбор между которыми зависит от соотношения между реальной (ρ) и «критической» ($\rho_{кр}$) величиной средней плотности материи во Вселенной:

- при $\rho > \rho_{кр}$ радиус кривизны сначала растет со временем, а затем убывает, кривизна положительна;
- при $\rho_{кр} > \rho > 0$ радиус кривизны неограниченно возрастает со временем, кривизна отрицательна;
- при $\rho_{кр} = \rho$ Вселенная имеет плоскую метрику, кривизна отсутствует.

Здесь под критической плотностью подразумевается величина

$$\rho_{кр} = 3 \cdot H^2 / (8 \cdot \pi \cdot G),$$

где H – постоянная Хаббла. Отметим, что в случае $\rho = \rho_{кр}$ постоянная Хаббла оказывается обратно пропорциональной возрасту Вселенной.

Заметим, что и давление, и плотность материи вводятся в уравнения «внешним» образом. Эти параметры в правой части уравнений определяют неизвестные параметры в левой части, так что решение уравнений сводится к поиску формальных зависимостей неизвестных *геометрических* величин от заданных *физических* величин. В эти зависимости в качестве аргумента включают и *время*, предварительно постулировав априорное наличие этой физической сущности.

3. Можно ли пренебрегать статическим давлением материи?

Итак, Эйнштейн в поисках решения для (ранней) стационарной модели был вынужден ввести в свои уравнения т. н. космологическую постоянную. Эта постоянная отвечала *отрицательному давлению* материи, физического смысла которого Эйнштейн установить не сумел. В стационарной модели решение существует и в отсутствие космологической постоянной, поэтому ее обычно полагают равной нулю. Как правило, скоростями частиц пренебрегают, поэтому и (*динамическое*) давление материи также не учитывают.

Я, однако, настаиваю на необходимости учета *статического* давления гравитирующей материи. Его действительно можно игнорировать в тех случаях, когда применим принцип эквивалентности Эйнштейна. Согласно ему, гравитационное поле *всегда* можно заменить ускоренной системой отсчета, ограничиваясь, по сути дела, чисто кинематическим аспектом. Дело, однако, заключается в том, что *не всякое* поле можно считать (хотя бы локально) однородным (см. рис. 1). Если гравитационный радиус частицы-источника и/или *пробной частицы* того же порядка, что и расстояние между ними, то предложенное Эйнштейном уравнение, связывающее геометрическую характеристику

пространства в поле тяготения с физической характеристикой материи, оказывается неполным. Точнее говоря, в тензоре плотности материи уже неправомерно полагать статическое давление заведомо равным нулю, а необходимо ввести его (вообще говоря, ненулевое) значение, учитывающее *энергию деформации пространства*.

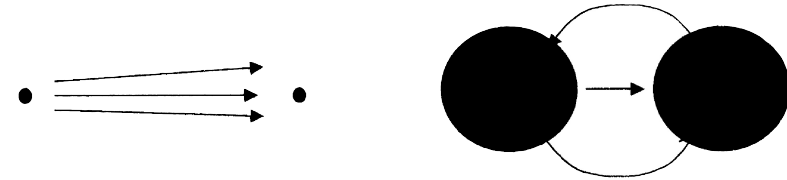


Рис. 1. Слева – локально однородное поле тяготения, справа – поле, которое нельзя считать однородным даже локально

Важны ли предлагаемые поправки? Специалистам известно, что гравитационный радиус Метагалактики *действительно* сравним с ее реальными размерами. В книге автора (Шульман, 2003) показывается, что радиус Вселенной *меньше* ее гравитационного радиуса.

Там же показано, что результирующее гравитационное давление во Вселенной оказывается отрицательным (и фактически ответственным за космологический член в уравнении Эйнштейна). Данный факт кажется очевидным, т. к. сила гравитации стремится сжать любое скопление материи. Но к этому результату можно прийти нетривиальным путем, рассматривая давление как силу реакции, действующую внутри однородного шара из несжимаемой жидкости.

В книге Толмена (Толмен, 1974) описана задача об однородном материальном шаре конечного радиуса, решение которой было найдено Шварцшильдом. Там указана зависимость безразмерного давления ($3P/\rho \cdot c^2$) внутри шара в функции от его (ненулевой) плотности. Из нее следует (см. подробный анализ в (Шульман, 2003)), что если радиус кривизны (который выражается через гравитационный радиус) шара не более чем (примерно) на 1% превышает его геометрический радиус (или еще меньше), то на границе внутренней области возникает скачок давления в сторону отрицательных значений (рис. 2).

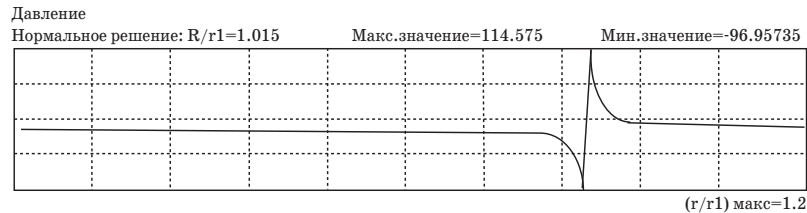


Рис. 2. Характер изменения давления в непосредственной близости от пограничного коллапса. По оси ординат отложено безразмерное давление, по оси абсцисс – отношение расстояния r от центра шара к радиусу шара r_1 . В данном случае коллапс не наступает, поскольку отношение радиуса кривизны R больше радиуса шара r_1

Итак, еще в отсутствие коллапса (но вблизи границы, при которой он наступает), мы сталкиваемся со своеобразным феноменом – отрицательным давлением. Отрицательные давления не являются для физики чем-то новым. В обычных условиях давление тел положительно, т. е. направлено так, как если бы тело стремилось расшириться. Это, однако, не обязательно, и тело может находиться также и в состояниях с отрицательными давлениями: в таких состояниях тело как бы «растянуто» и потому стремится сжаться. Например, отрицательным давлением может обладать перегретая жидкость; такая жидкость действует на ограничивающую ее поверхность с силой, направленной внутрь объема жидкости. В рассматриваемом случае отрицательное давление может быть обусловлено «растяжением» объема вследствие изменения метрики.

Решение Шварцшильда связывает плотность шара с давлением материи внутри шара. Оно дает *конечную* (отличную от нуля) величину давления при сколь угодно малой ненулевой плотности материи. Таким образом, для однородного шара в общем случае отличны от нуля все компоненты тензора плотности энергии-импульса, сколь малой бы ни была плотность материи ρ . Кстати, заметим, что основное уравнение Эйнштейна исторически было сконструировано чисто эвристическим путем, его левая (геометрическая) часть приравнивается к правой (физической) части просто по аналогии с классическим уравнением Пуассона. Из только что рассмотренного примера видно, что нет никаких принципиальных оснований априори полагать равным нулю обуслов-

ленное гравитацией давление материи, которое существует и в теории, и в реальности.

Попытка распространить представление о материальном шаре на всю Вселенную представляется вполне логичной. Хотя априорное пренебрежение статическим давлением в космологической модели можно попытаться мотивировать его малой величиной, нельзя быть уверенным в правильности получаемых результатов. Более того, при анализе космологической проблемы ситуация становится, как мне кажется, еще сложнее.

Действительно, при средней плотности вещества во Вселенной порядка 10^{-30} г/см гравитационный радиус нашей Вселенной достигает величины 10^{28} см, что, по-видимому, не меньше, чем ее геометрический размер; следовательно, и отношение ее *геометрического* радиуса к радиусу *кривизны* R , скорее всего, больше единицы. А это означает, что рассмотрение решения для коллапсирующего шара – отнюдь не праздное занятие. При сильном коллапсе получаем, что

$$P = -c^4 / (8 \cdot \pi \cdot G \cdot R^2) = -\rho c^2 / 3.$$

Отметим, что в случае строгого равенства единице отношения *геометрического* радиуса к радиусу *кривизны* R в *любой* точке внутри шара имеем $P = -\rho c^2$.

4. Новые решения космологических уравнений

Исходя из необходимости глобального учета гравитационного давления, будем отныне считать в общем случае величину этого давления P в космологических уравнениях Эйнштейна отличной от нуля. Оказывается, что в этом случае возникают, по крайней мере, два новых замечательных решения.

Первое решение отвечает стационарному случаю $R' = 0$, $R'' = 0$. Подставив эти условия в уравнение, получим:

$$(c/R)^2 = -8 \cdot \pi \cdot G \cdot P / c^2,$$

$$(c/R)^2 = -8 \cdot \pi \cdot G \cdot \rho / 3,$$

откуда следует связь между плотностью и радиусом кривизны:

$$\rho = 3 \cdot c^2 / (8 \cdot \pi \cdot G \cdot R^2).$$

Но этот результат совпадает, как нетрудно заметить, с предельным случаем задачи для локального однородного коллапсирующего шара, рассмотренной выше. Весьма сходный по сути дела результат получил для своей первоначальной модели А. Эйнштейн, когда, убедившись в отсутствии стационарного решения при $P=0$, был вынужден искусственно ввести в свое уравнение знаменитую космологическую постоянную. В дальнейшем вопрос об этой величине и ее физическом смысле повис в воздухе и считается открытым вплоть до настоящего времени. Таковы издержки методологической традиции.

Второе замечательное решение возникает, если принять условия $R'=c$, $R''=0$, согласно которым радиус кривизны растет строго пропорционально времени. Подставив данные условия в приведенные выше уравнения Эйнштейна, найдем:

$$2(c/R)^2 = -8\pi G P / c^2,$$

$$2(c/R)^2 = -8\pi G \rho / 3,$$

при этом коэффициент связи между давлением и радиусом кривизны по сравнению со стационарной моделью отличается в два раза. В обоих случаях соотношение между давлением и плотностью имеет вид:

$$P = -\rho \cdot c^2 / 3.$$

Важно отметить, что найденное решение в явном виде вообще не содержит такой параметр, как время, а зависит лишь от радиуса кривизны R . Далее, линейная зависимость радиуса кривизны от времени, будучи постулированной, не должна теперь выводиться из полученных соотношений; этот же постулат делает ее физически не зависящей (во времени) от плотности материи.

Отсюда следует вывод, противоречащий принятой традиции решения уравнений поля, но полностью отвечающий самому духу эйнштейновского подхода, направленного на геометризацию физики. Он состоит в том, чтобы из найденных выражений искать плотность и давление материи в виде зависимостей от кривизны пространства, а не наоборот:

$$\rho = 3 \cdot c^2 / (4\pi G R^2)$$

$$P = -c^4 / (4\pi G R^2).$$

На языке физики это означает, что плотность и давление материи суть просто данные нам в ощущениях (измерениях) характеристики кривизны пространства, т. е. что они являются вторичными, зависимыми от нее величинами. Добавим, что этот путь, в сущности, обозначил сам Эйнштейн, введя замкнутую на себя Вселенную, т. е. заменив задание фиксированных условий на границах условием самосогласованности решения!

5. Замкнутость Вселенной

Космологическая модель Фридмана ничего не могла сказать о происхождении Вселенной. Напротив, развиваемый в данной работе подход позволяет довольно наглядным образом подойти к этой проблеме. Как отмечено в работе Толмена (Толмен, 1974), для любого материального шара с ненулевой плотностью метрика этой области искажается по отношению к евклидовой, ее геометрия совпадает с геометрией четырехмерной сферической гиперповерхности.

В работе автора (Шульман, 2003) рассмотрено, как выглядит график гравитационного потенциала для поля тяготения обычного шара и коллапсирующего объекта. В первом случае его можно уподобить небольшой «ямке», радиус кривизны которой много больше ее геометрического размера. Однако с ростом плотности вещества метрика все более деформируется, и «ямка» в конце концов превращается в своего рода «пропасть», связанную с внешней поверхностью лишь узкой горловиной. Только одна эта горловина (или даже ее часть) и видна внешнему наблюдателю, тогда как непреодолимый барьер тяготения превращает центральную область объекта в «затерянный мир».

С точки зрения внешнего мира, это – черная дыра, необратимо поглощающая вещество и излучение. С другой стороны, для обитателей нашей Вселенной «пуповина», связывающая ее с внешним Миром, должна казаться сферической белой дырой, из которой вещество и излучение непрерывно поступают и, быть может, позволяют судить о свойствах этого внешнего Мира. Тем, кто читал фантастическую повесть В.А. Обручева «Плутония», это наверняка напомним описанную там северную впадину, ведущую в гигантскую подземную полость с центральным светилом в центре Земли.

Может ли быть, что мы являемся обитателями именно такой черной дыры? Моя гипотеза утвердительно отвечает на этот вопрос. Отрицательный знак давления, обусловленный непрерывно увеличивающимся размером нашего Мира, приводит именно к такому выводу. Да и сама замкнутость Вселенной получает физическое объяснение.

То обстоятельство, что при ничтожной плотности вещества гравитационный радиус оказывается больше геометрического (и, следовательно, сама Вселенная – «черной дырой»), объясняется, как известно, следующим простым соображением: при заданной плотности и сферической форме гравитационный радиус пропорционален массе объекта, а геометрический – всего лишь кубическому корню из массы.

Это же обстоятельство согласуется и с замкнутостью Вселенной, отсутствием у нее границ при конечном объеме. И, кроме того, подтверждает сформулированное выше предположение о том, что область локализации энергии покоя материи Вселенной не превышает области, в которой действует гравитация.

По современным оценкам значение вышеупомянутой космологической постоянной Эйнштейна для традиционной модели составляет примерно 10^{-56} см^{-2} . Нетрудно заметить, что эта величина очень близка к единице, деленной на квадрат радиуса Вселенной, что представляется весьма симптоматичным.

Далее астрофизические наблюдательные данные (Сажин, 2002, с. 21), интерпретируемые в духе модели Эйнштейна–Фридмана, указывают на два взаимосвязанных эффекта – ускоренное расширение Вселенной и существование в ней огромного количества «темной» материи. Ускорение расширения объясняют отливом от нуля космологической постоянной. Одновременно констатируется, что «ненулевое значение космологической постоянной производит тот же эффект, что и однородно распределенная темная материя». Таким образом, наша модель, учитывающая статическое давление материи, вполне могла бы объяснить оба эффекта.

В современной ОТО построена специфическая картина коллапса звезд, которая, вообще говоря, может изучаться в трех различных системах отсчета, причем обычно исполь-

зуются модели, построенные для «точечной» массы. Первая система связана с внешним наблюдателем, вторая – сопутствует падающей в черную дыру материи, третья – система отсчета наблюдателя изнутри коллапсирующего объекта.

С точки зрения внешнего наблюдателя, время падения материи в коллапсирующую звезду является бесконечно большим. Однако при переходе к сопутствующей системе отсчета оно оказывается конечным. Уже в сопутствующей системе отсчета временная и пространственные координаты выражаются через оба типа координат внешней системы, а во внутренней системе время и пространство вообще меняются местами, причем компоненты метрического тензора оказываются зависимыми от времени. Далее история любой материальной точки в этой сопутствующей системе начинается в нулевой момент и заканчивается через один и тот же конечный промежуток времени в особой (сингулярной) точке, после которого уже не существует ничего («барьер времени»).

Как мне кажется, если рассматривать неточечный коллапсирующий объект, возможна иная «сшивка» внешней и внутренней картины коллапса. Уже никого не удивляет ситуация, при которой один и тот же промежуток времени в разных системах отсчета может быть конечным и бесконечным. Поэтому вполне непротиворечивым можно считать и то, что неограниченное сжатие (коллапс) черной дыры во внешней Супер-Вселенной выглядит изнутри (т. е. из нашей Вселенной) неограниченным расширением, которое *начинается* в сингулярной точке. И эта же точка является концом истории всех материальных точек внешней Супер-Вселенной, падающих в черную дыру. Особо подчеркну, что это не означает противоположного течения времени снаружи и внутри черной дыры. Скорее можно утверждать, что внутри черной дыры время течет ортогонально внешнему времени.

Таким образом, учет статического давления сжатия, обусловленного взаимным тяготением материи во Вселенной, позволяет получить новое решение уравнений Эйнштейна–Фридмана, согласно которому метрика характеризуется конечной кривизной и *линейно* возрастающим со временем радиусом кривизны. Решение справедливо для любой конечной средней плотности, представление о «критической» плотности в рамках данной модели не возникает.

6. Основная гипотеза новой теории о природе времени

В космологической модели Эйнштейна–Фридмана представление о времени вводилось априори, а полученное решение в общем случае не было линейным во времени. Линейный рост во времени радиуса кривизны Вселенной в предложенной модели приводит нас к догадке, что, собственно говоря, *течение физического времени и проявляется в каждой ее точке именно как изменение величины этого радиуса*, что именно поэтому измерение времени разными средствами и способами должно давать принципиально согласованные результаты и что, наконец, никакого иного времени как универсального физического феномена (относительно которого было бы возможно неравномерное изменение радиуса кривизны) просто не существует. Если эта догадка верна, то ход времени – это *не фон*, на котором тем или иным образом происходит расширение Вселенной, а *само содержание* этого процесса.

Развивая эту основополагающую идею, будем исходить теперь из того, что положенный в основу математических построений космологических теорий 4-мерный шар следует рассматривать как объективно существующий; наша Вселенная расширяется в 4-мерном евклидовом пространстве и представляет собой 3-мерную гиперповерхность этого шара (подчеркнем, что мы полагаем это 4-мерное пространство совершенно одинаковым по всем четырем измерениям, которые ничем не отличаются между собой).

Живущие в 3-мерном мире существа и не подозревали бы о наличии 4-мерного суперпространства, если бы не процесс расширения шара. Этот процесс объективно выделяет в каждой точке гиперповерхности шара направление, нормальное к ней и не принадлежащее ей самой. Вот это направление (4-е измерение) в каждой точке 3-мерной Вселенной и представляет собой *истинное время*.

Такое определение времени, вообще говоря, интуитивно прозрачно и, как оказывается, исключительно плодотворно. Оно позволяет не только очевидным образом вывести закон Хаббла, но и объяснить само понятие движения, а также постигнуть истинный смысл мира Эйнштейна–Минковского и преобразований Лоренца. В основу предла-

гаемой теории положено несколько сравнительно простых и наглядных основных идей. Для краткости я буду именовать ее Теорией Шаровой Расширяющейся Вселенной – ТШРВ.

В ТШРВ, как и в модели ЭФ, Вселенная в каждый момент времени представляет собой 3-мерную гиперповерхность 4-мерного шара. Однако имеется и коренное отличие. В теории Эйнштейна время и пространство, как известно, характеризуются противоположными знаками элементов метрического тензора. Например, время можно считать мнимой величиной, а пространственные компоненты – действительными величинами. В ТШРВ содержащий Вселенную 4-мерный континуум считается чисто евклидовым, а все четыре компоненты – действительными числами. На поверхности 4-мерного шара при этом действует обычная сферическая геометрия.

Как известно, в общей теории относительности возраст Вселенной *вычисляется* на основе модели ЭФ или подобных ей. Как правило, зависимость радиуса от возраста Вселенной в моделях ОТО отличается от прямой пропорциональности. Однако такой результат тесно связан с тем, что в космологических уравнениях ОТО пренебрегают глобальным давлением материи, заполняющей Вселенную.

Напротив, в ТШРВ явно постулируется универсальное течение Времени. Возраст Вселенной *отождествляется* с текущим радиусом Вселенной, деленным на скорость света. В дальнейшем из данного постулата выводится очень много важных следствий. С другой стороны, это позволяет избежать произвольного введения в модель многих других представлений.

7. Механическое движение и предельная скорость в ТШРВ

В ТШРВ принимается, что не существует бесконечного множества независимых механических движений. Существуют мировые линии «движущихся» тел, направленные под тем или иным углом к линии времени – нормали к гиперповерхности 4-мерного шара. *Угол наклона и определяет скорость пространственного движения*. При увеличении радиуса шара точка пересечения мировой линии

с текущей гиперповерхностью «перемещается» в точности так, как это предсказывается современной физикой.

В частности, покоящиеся в пространстве объекты (звезды), у которых угол отклонения от нормали равен нулю, т. е. мировые линии совпадают с нормалью к гиперсфере, «удаляются» друг от друга по закону Хаббла. Скорость их взаимного удаления пропорциональна расстоянию между ними. Для объектов, у которых угол отклонения мировой линии от нормали отличен от нуля, он не может превысить 90 градусов, поэтому естественным образом возникает *предельная скорость* механического движения (скорость света). Три варианта движения показаны на рис. 3.

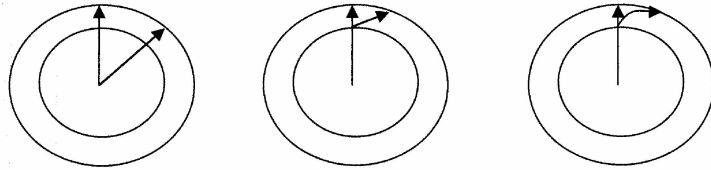


Рис. 3. Эффект «перемещения» точек на поверхности гиперсферы для неподвижных в пространстве объектов (слева), движущихся по инерции (в центре) и ускоренно (справа)

Левая фигура иллюстрирует эффект Хаббла. Центральная фигура отвечает инерциальному движению, т. е. прямолинейной мировой линии. При таком характере мировой линии по мере возрастания радиуса Вселенной пропорционально изменяется и величина пути движущейся частицы. Таким образом, *инерциальное* движение не постулируется, а возникает в качестве естественного следствия модели. На правой фигуре показана мировая линия при неинерциальном движении.

При больших значениях радиуса 4-мерного шара столь же естественным образом возникают приближенные формулы преобразования скоростей, известные из специальной теории относительности (СТО), а также привычные законы механики. Аналогом же светового конуса в ТШРВ выступает вся гиперсферическая поверхность 4-мерного шара (см. рис. 4). Эта аналогия не полна, поскольку в ТШРВ абсолютно удаленная область вырождается в 3-мерную гиперповерхность.



Рис. 4. Области 4-мерного континуума в СТО (слева) и ТШРВ (справа)

8. ТШРВ и геометрия Минковского

Будем рассматривать малые приращения пространственных координат и времени вдоль мировых линий частиц в процессе расширения Вселенной. Соответственно, при этом достаточно рассматривать небольшую пространственно-временную область Вселенной, так что ее кривизной можно пренебречь. Тогда концентрические гиперсферические поверхности в последовательные моменты времени (изохроны) можно приближенно заменить параллельными гиперплоскостями. Состоянию покоя отвечает «дрейф» изображающей точки перпендикулярно изохронам, инерциальному движению — движение по наклонным прямым между изохронами.

В любой момент времени Вселенная представлена определенной изохроной, которая содержит все реальные физические точки пространства. Инвариантной мерой промежутка (абсолютного) времени будем считать деленное на скорость света приращение радиуса 4-мерного шара между соседними изохронами. Будем также исходить из того, что эта величина одинакова в любой *инерциальной* системе отсчета, т. е. при движении по любой *прямолинейной* мировой линии. В этом случае мы фактически получаем отображение обычного пространства (с координатами «время — перемещение») на некое новое (как я считаю, именно оно является реально существующим) пространство с координатами «нормаль — поверхность». При таком отображении края световых полуконусов «прошлого» и «будущего» смыкаются, «абсолютно удаленные области» пространства (на левой диаграмме рис. 4) исчезают, а сами границы светового конуса (т. е. поверхности распространения светового сигнала) переходят в изохроны.

Пусть углы отклонения мировых линий от строго радиального направления достаточно *малы* (условие малости проясняется в конце раздела). Тогда в нашем чисто евклидовом 4-мерном континууме возникают метрические соотношения, в точности *соответствующие* геометрии Минковского. В частности, из теоремы Пифагора непосредственно следует соотношение, связывающее пространственные и временную компоненты:

$$c^2 ds^2 = c^2 dt^2 - dr^2,$$

где ds – промежуток абсолютного времени (промежуток времени между двумя 4-мерными событиями в абсолютно неподвижной системе отсчета), dt – промежуток времени между двумя 4-мерными событиями в движущейся системе отсчета, dr – пространственный промежуток, пройденный движущейся системой отсчета, c – скорость света.

Как отмечено в книге автора (Шульман, 2003), инвариантность 4-мерного интервала в рамках излагаемой теории точно выполняется лишь по отношению к *абсолютно неподвижному* наблюдателю. Если же, например, сам наблюдатель движется с некоторой абсолютной скоростью V в плоскости xt , то вместо вышеприведенного инвариантного выражения для длины 4-мерного перемещения возникает, как можно показать, соотношение

$$ds^2(1+\beta^2) = c^2 dt^2 - dx^2 - 2\beta ds dx,$$

где

$$\beta = (V/c) / \sqrt{1 - V^2/c^2}.$$

9. О принципе относительности Эйнштейна

Если углы отклонения мировых линий от строго радиального направления нельзя считать достаточно малыми, то формулы геометрии Минковского справедливы лишь приближенно. Это означает, что и принцип относительности Эйнштейна справедлив в нашей модели лишь для систем отсчета, движущихся с достаточно малой скоростью относительно *выделенной* системы отсчета. Такая система жестко связана телом, пребывающим в состоянии абсолютного покоя, т. е. дрейфующего вдоль радиальной мировой линии.

Существование выделенной системы отсчета напоминает старые теории эфира, противоречащие взглядам теории относительности. Казалось, что эти теории безвозвратно ушли в прошлое. В самом деле, скорость света в вакууме всегда и всюду постоянна. Однако, в принципе, существование выделенной системы отсчета может быть установлено по *смещению частоты* светового сигнала, т. е. с помощью эффекта Допплера. И этот феномен действительно обнаружен современной наукой!

На рис. 5 представлена диаграмма температуры фонового космического излучения, приходящего к Солнечной системе со всех сторон Вселенной. Эти данные регистрировались американским исследовательским спутником в течение 4 лет (данные заимствованы с сайта Центра космических полетов имени Годдарда, NASA).



Рис. 5. Анизотропия микроволнового космического излучения

Оригинальная диаграмма является цветной, на ней показано распределение отклонений температуры излучений от средней величины (2,728 К) в микроволновой части спектра. Ориентация карты выбрана таким образом, чтобы плоскость Млечного Пути располагалась горизонтально в центре карты. Цветовой диапазон от красного до синего соответствует температурному диапазону от 2,724 К до 2,732 К. Слоистая структура карты соответствует анизотропии дипольного вида, что является проявлением эффекта, связанного с движением Солнца относительно среды, в которой распространяется микроволновое фоновое излучение.

Как отметил выдающийся советский астрофизик академик Я.Б. Зельдович в редакционном комментарии к работе

Вайнберга (Вайнберг, 2000, с. 198) в связи с еще ранее выполненными экспериментами, «тщательные измерения... позволили обнаружить определенную малую анизотропию микроволнового фона излучения. Антенна, направленная на созвездие Льва, дает температуру излучения на 0,13 процента выше средней. В противоположном направлении температура на 0,13 процента ниже средней. Температура плавно меняется между этими двумя значениями... Изотропия имеет место лишь для некоторого воображаемого наблюдателя. *Солнечная система, Земля ... движутся относительно этого наблюдателя со скоростью 390 ± 60 км/с в направлении на созвездие Льва.* Вследствие этого движения, т. е. за счет эффекта Доплера, излучение, идущее навстречу, кажется нам более горячим..., а излучение, догоняющее нас, представляется нам более холодным... На этом примере выясняется, что в каждой точке Вселенной существует наблюдатель, относительно которого микроволновое излучение изотропно. Этого наблюдателя и связанную с ним систему координат можно назвать выделенными».

Современные данные, полученные NASA, позволяют принять отношение скорости движения Солнечной системы к скорости света равным 0,15%. Это достаточно малая величина, оправдывающая допустимость использования формул СТО и применимость геометрии Минковского. Но можно ли считать указанный феномен исчерпывающим доказательством правильности ТШРВ?

С целью ее проверки автор этих строк предлагает провести несложный наблюдательный эксперимент. Если эффект анизотропии обусловлен реальным существованием выделенной системы отсчета, то он может быть обнаружен и для электромагнитного излучения любой природы. В частности, должна существовать анизотропия солнечного излучения, наблюдаемого с Земли в разное время года. Она должна проявляться в максимальной степени в августе, когда и излучение Солнца, и фоновое излучение приходят на Землю со стороны созвездия Льва (см. рис. 6). В феврале эти источники расположены по отношению к Земле взаимно противоположным образом, поэтому и направление анизотропии для солнечного света должно измениться на противоположное. Ожидаемая величина эффекта при этом (с уче-

том прямого восхождения созвездия Льва и наклона эклиптики) составляет порядка 300 км/с, т. е. около одной десятой процента скорости света. В ноябре и мае анизотропия должна практически отсутствовать.

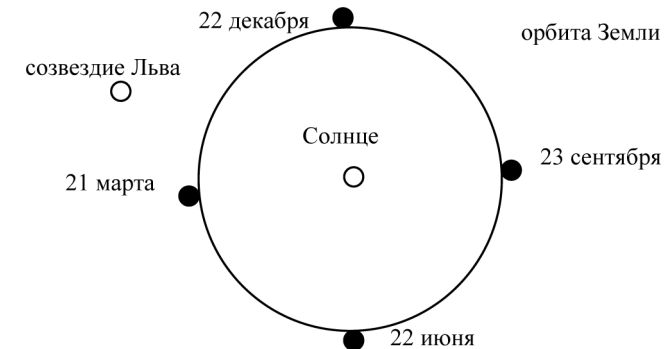


Рис. 6. Расположение Солнца и созвездия Льва относительно Земли

По-видимому, возможна аналогичная проверка ТШРВ и в земных условиях с помощью искусственных источников излучения.

10. Масса, энергия и импульс частиц

Итак, мы рассматриваем Вселенную как расширяющуюся 3-мерную гиперповерхность 4-мерного шара. Места локализации масс материальных частиц во Вселенной представляют собой точки пересечения этой гиперповерхности с мировыми линиями. Тем самым мировым линиям приписывается физический, а не абстрактный иллюстративный смысл. Уместно ожидать, что этот физический смысл может проявляться более существенным образом, нежели на уровне простой словесной констатации.

В частности, при глобальном рассмотрении Вселенной мы можем предположить, что такая фундаментальная характеристика частицы, как ее масса покоя, является некоторой относительной величиной. Такое отношение могло бы быть составлено, например, из радиуса 4-мерного шара-Вселенной и некоторого характерного размера, объективно связанного с физическими свойствами частицы.

Вспомним, что каждой частице с определенными значениями энергии покоя и импульса может быть сопоставлена волна де Бройля с соответствующими периодом колебаний и длиной. При этом временной период колебаний обратно пропорционален энергии покоя, а пространственный период, т. е. длина волны – импульсу. Обе эти величины (энергия и импульс) пропорциональны массе частицы. В ТШРВ делается фундаментальное предположение, что *масса* покоя является *квантовым числом*, определяющим кратность радиуса Вселенной по отношению к длине волны или возраста Вселенной по отношению к периоду волны де Бройля. Эта гипотеза, развиваемая более подробно в книге автора (Шульман, 2004), представляет меру инертности в виде отношения двух характерных расстояний или времен.

Но с течением времени радиус Вселенной возрастает. А как же ведет себя масса? Если бы период волны де Бройля также возрастал пропорционально этому радиусу, мы, по-видимому, вообще не смогли бы обнаружить изменение размеров Вселенной, в том числе и знаменитого «красного смещения». Если же волновые параметры частиц неизменны, то *масса материи должна расти прямо пропорционально размеру и возрасту Вселенной*.

В теории относительности, исходя из метрики Минковского, используются векторы с мнимой проекцией на ось времени. Это относится к четырем векторам скорости, ускорения, энергии-импульса. В ТШРВ используются векторы со всеми действительными компонентами. При этом величина 4-мерного интервала (длина в псевдоевклидовом пространстве) для некоторого вектора в теории относительности отвечает проекции на ось абсолютного времени в ТШРВ, а мнимая компонента вектора (время движения) в теории относительности – длине вектора в чисто евклидовом 4-мерном континууме ТШРВ. В частности, такой величиной является модуль вектора энергии-импульса. Его проекцией на ось абсолютного времени служит энергия покоя (деленная на скорость света), а проекциями на пространственные оси служат компоненты импульса. Эта величина сохраняется, если частица движется *инерциально*.

Переход к *неинерциальному* движению в ТШРВ связывается с соответствующим законом *изменения* вектора состояния. Так, при изменении скорости движения части-

цы ее энергия покоя не изменяется, поэтому все ускорение за соответствующий промежуток времени может быть непосредственно вычислено, исходя из разности между новым и старым значением импульса. Таким образом, как и в специальной теории относительности, в ТШРВ уравнение для ускоренного движения может быть получено путем дифференцирования по времени выражения для импульса.

Уже в рамках СТО отношение силы к ускорению зависит от взаимного направления векторов силы и скорости. Однако в теории относительности скорость системы отсчета может выбираться произвольно, в частности – нулевой, тогда соответствующий множитель в любом случае оказывается равным единице.

Напротив, в ТШРВ в вышеприведенных формулах фигурирует *абсолютная* скорость, определяемая углом отклонения мировой линии частицы от нормали к изохроне. Это означает, что если Земля движется с определенной скоростью относительно абсолютно неподвижной (выделенной) системы отсчета, то, измеряя отношение силы к ускорению в направлении указанной скорости и в перпендикулярном ему направлении, можно экспериментально подтвердить наличие этой абсолютной скорости. Если подобная скорость действительно определяется величиной и направлением, следующими из эффекта анизотропии фонового космического излучения, то при одной и той же (по модулю) силе можно рассчитывать на относительное различие продольного и поперечного (по отношению к упомянутому направлению) ускорений порядка $2,25 \times 10^{-6}$.

11. ТШРВ и общая теория относительности

ТШРВ претендует на более близкое к действительности описание законов Вселенной, чем дает общая теория относительности.

Учет статического давления позволяет не только найти *новое* – линейное по времени – космологическое решение, но и вычислить величину гравитационного давления во Вселенной в функции величины радиуса 4-мерного шара. Эта (отрицательная!) величина, кстати, выражается таким же, по сути, образом и для нерелятивистского шара (давление в центре планеты или звезды). Интересно отметить, что

найденная в ТШРВ зависимость плотности от радиуса Вселенной в точности соответствует выражению для т. н. *критической* плотности в ЭФ-модели.

При этом выяснились два крайне важных обстоятельства. Во-первых, масса Вселенной оказалась не постоянной величиной, а *линейно возрастающей* функцией радиуса 4-мерного шара. В ТШРВ неожиданно реализовалась программа Эйнштейна: характеристики материи (плотность) сведены к характеристикам пространства (кривизна). Иными словами, устранена необходимость внешним образом («руками») вводить в уравнения распределение масс, чтобы получить закон изменения метрики пространства.

Во-вторых, из нового – линейного во времени – решения вытекает, как описано в работе автора (Шульман, 2003), линейный же рост со временем и массы Вселенной. Кажущаяся парадоксальность несохранения массы (и энергии!) Вселенной заставляет задуматься о *выполнении* условий, при которых должен быть справедлив закон сохранения энергии.

Представляется очевидным, что энергия строго может сохраняться лишь в такой физической системе (или во Вселенной в целом), в которой свойства пространства (в частности, кривизна) столь же строго *неизменны во времени!* Однако при увеличении радиуса Вселенной меняются, например, компоненты фундаментального метрического тензора. Во второй моей книге (Шульман, 2004) я обосновываю изменение со временем другой фундаментальной физической величины – постоянной Планка. Следовательно, закон сохранения энергии может выполняться лишь приближенно, в меру малости современного темпа *относительного* изменения кривизны пространства. Этот темп составляет для современной нам Вселенной порядка 10^{-10} в год (отношение годичного промежутка к возрасту Вселенной).

Исходя из астрофизических наблюдений, Н.А. Козырев (1991) высказывал утверждение о единстве механизма излучения звезд, основанного на превращении времени в энергию. Согласно нашей модели, относительное приращение массы и энергии покоя звезды равно относительному приращению возраста Вселенной. Интересно, что для Солнца относительное уменьшение массы за счет излучения в год составляет до 10^{-15} , т. е. на пять порядков меньше указанной «энергетической подпитки».

12. ТШРВ и необратимость

В науке уже давно обсуждается так называемая «стрела времени», связанная с необратимостью подавляющего большинства природных явлений и вторым началом термодинамики.

Остановимся вначале на так называемой *космологической* стреле времени. В книге автора (Шульман, 2003) и данной работе я попытался показать, что само время как таковое неразрывно связано с реальным направлением изменения радиуса Вселенной. Замечу, что если бы ее радиус уменьшался, время текло бы в *обратную* сторону, а если этот радиус станет постоянным, время остановится (это решающее для нашей модели утверждение вряд ли может быть проверено экспериментально – впрочем, как говорится в одной финской притче о двух соседях и их несчастьях, кто знает).

Рассмотрим теперь вопрос о *термодинамической* стреле времени. «Проблема необратимости проста по формулировке. Как физика является фундаментом естествознания, так и сама физика покоится на механике Ньютона–Гамильтона. Но уравнения механики симметричны во времени, ее мир обратим, тогда как реальные процессы необратимы», – отмечается в работе С.Д. Хайтуна (1996) (речь идет о замкнутых физических системах). В своей монографии С.Д. Хайтун убедительно показывает, что общность понимания проблемы необратимости и представления о ее решении у крупнейших физиков и математиков мира XIX и XX столетий является мифом. Их взгляды зачастую значительно расходятся, а то, в чем многие из них единодушны, основывается на принципиальнейших ошибках. Важнейшая и наиболее типичная из них состоит в получении необратимых уравнений из обратимых путем неявного отбрасывания одной из двух альтернативных ветвей развития процесса или явления.

Важнейшим идейным пунктом монографии (Хайтун, 1996, с. 12) является обращение к формулировке второго начала термодинамики, данной Вильямом Томсоном, согласно которой в ходе необратимых процессов происходит диссипация механической энергии. При таком понимании именно *диссипация энергии является необходимым и достаточным условием необратимости* процесса. Хай-

тун апеллирует (с. 148) к классическим (Больцман, Гиббс) мысленным опытам с распылением газа шаров (вследствие строго упругих соударений) из угла по всему объему сосуда или распылением капли красителя в прозрачной несжимаемой жидкости и утверждает, что в отсутствие диссипации энергии оба эти процесса обратимы.

Я также разделяю данное убеждение и думаю, что необходим тщательный теоретический и экспериментальный анализ представлений о *неупругом взаимодействии микрообъектов*, физическая сущность которого и является ключом к пониманию и происхождению необратимости. Решение парадокса тепловой необратимости я предлагаю искать в ситуации, когда уравнения гамильтоновой механики *не полностью* определяют физическую ситуацию, т. е. допускают более одного решения. В этом случае дополнительный фактор, действующий при микровзаимодействии, мог бы иметь и вероятностную природу, что сняло бы кажущееся противоречие.

Возможны ли ситуации, не описываемые однозначно гамильтоновой механикой? Да, возможны. Известно, в частности, что при упругом соударении более чем двух точечных частиц законы сохранения (энергии, импульса и момента импульса) дают меньшее число уравнений, чем требуется для однозначного нахождения всех скоростей. Вместе с тем подобные групповые соударения крайне маловероятны, поэтому в случае *упругого* взаимодействия существенной роли играть не могут. Однако в случае *неупругого* взаимодействия дело, как мне кажется, обстоит иначе.

Когда говорят о неупругом соударении макрообъектов, привлекаются представления об энергии деформации тел и т. п. Однако в случае микрообъектов мы не можем игнорировать теплового электромагнитного излучения, всегда присутствующего в объеме, где происходит теплопередача. При неупругом соударении происходит перестройка молекул и атомов, при этом испускаются и поглощаются тепловые фотоны. Но это означает, что фактически в *неупругом* взаимодействии всегда участвует *более двух* частиц, поскольку фотон практически является лишь *промежуточным* носителем избыточной энергии и импульса!

С точки зрения классических представлений, необратимость возникает при неупругих соударениях уже за счет

того, что кинетическая энергия разлетающихся частиц всегда строго меньше их суммарной энергии до соударения. Однако с квантовой точки зрения, равновероятны как излучение, так и поглощение фотона, поэтому «демон необратимости» спрятан не здесь. В действительности необратимость связана с тем, что дополнительно «вовлекаемые» в соударение частицы выбираются фотоном-посредником абсолютно «случайно». Именно акт излучения и поглощения фотона позволяет, как мне кажется, природе задействовать вероятностный механизм взаимодействия на микроуровне.

Во всяком случае механизм, приводящий к установлению равновесия и формирующий «энтропийную» стрелу времени, с необходимостью должен быть определен уже на *микроуровне*. Точно так же и *биологическая* макроэволюция, выделяющая «антиэнтропийную» стрелу времени, может иметь место только в том случае, когда в ее основе заложен соответствующий негэнтропийный микромеханизм. Вероятностное описание любого процесса в конечном счете всего лишь устанавливает его интегральные характеристики, тогда как суть явления с необходимостью обусловлена свойствами элементарных его составляющих.

Следует отметить, что увеличение массы и энергии покоя в предложенной модели никоим образом не происходит равномерно по объему Вселенной. Наоборот, основной прирост массы и энергии связан с местами *локализации материальных тел*. Поскольку *относительный* рост массы определяется только возрастом Вселенной, то чем больше масса тела, тем больше ее *абсолютный* прирост. Поэтому основными источниками потоков энергии и негэнтропии во Вселенной являются массивные звезды. Об этом же свидетельствуют и астрофизические данные – мощность излучения большинства звезд пропорциональна четвертой степени их массы.

Таким образом, наличие космологической стрелы времени обуславливает *уменьшение* энтропии расширяющейся Вселенной. Она (энтропия) убывает, а значит, имеет место фактор, способствующий внесению асимметрии в начальные/финальные условия. Но это с необходимостью влечет за собой реакцию – восстановление симметрии, процесс релаксации, связанный с диффузией в пространстве коор-

динат и/или скоростей; напомним, что решение диффузионного уравнения всегда порождает переход от менее вероятного состояния к более вероятному, от несимметричного состояния к симметричному как в пространстве (например, распывание газового шлейфа от летящего самолета), так и во времени (выравнивание температур). Такой процесс и приводит в соответствующих случаях к (спровоцированному) росту энтропии с течением космологического времени. Этот рост энтропии не противоречит симметрии уравнений механики относительно знака времени, поскольку несимметрия вносится *внешним* (за счет космологии) образом в начальные/финальные и/или краевые условия. Более того, *он в принципе не может превзойти* уменьшение энтропии, вызванное этим последним фактором – в крайнем случае, лишь скомпенсировать его.

13. Заключение

Концепцию, изложенную в настоящей работе, отличают следующие моменты:

- Время редуцируется до одного из чисто пространственных измерений. Расширение 4-мерного шара позволяет прояснить универсальный характер механического движения, понять отличие инерциального движения от неинерциального.
- Получает новое физическое объяснение факт существования предельной скорости (скорости света). Уточняются границы применимости преобразований Лоренца, теории относительности.
- В предлагаемой модели учитывается несохранение энергии Вселенной, обусловленное несоблюдением необходимым для этого предпосылки – однородности времени. В свою очередь, неоднородность времени вызвана эволюцией кривизны пространства и в связи с этим фундаментального метрического тензора и других физических констант.
- Объясняется природа космологической необратимости.
- В отличие от общей теории относительности, распределение масс не должно вноситься в уравнения внешним образом, а самосогласованно определяется совместно изменяющейся кривизной пространства-времени.

- Учитывая ненулевое статическое давление материи, теория не требует искусственного задания постоянного космологического члена. При этом автоматически получает объяснение замкнутость Вселенной и эффект «скрытой» массы.
- Исходя из уточненной модели гравитационного коллапса неточечной массы конечной плотности, объясняется происхождение Вселенной.

В соответствии с современными экспериментальными данными предложенную теорию подтверждают:

- Дипольная анизотропия реликтового излучения Вселенной, отражающая существование выделенной системы отсчета.
 - Равенство единице среднего относительного значения полной плотности энергии во Вселенной, отвечающего ее «плоской» модели. Этот факт следует в том числе из положения первого максимума зависимости амплитуды функции распределения интенсивности реликтового излучения (недипольная анизотропия) от угла.
 - В модели Эйнштейна – Фридмана при $\rho = \rho_{кр}$ возраст Вселенной T связан с постоянной Хаббла H соотношением $T = 2/3H$. В предлагаемой модели условие $\rho = \rho_{кр}$ выполняется всегда, а возраст Вселенной и постоянная Хаббла связаны соотношением $T = 1/H$. Данные, полученные спутником WMAP, подтверждают именно единичное значение коэффициента пропорциональности, а не $2/3$.
- Из предложенной теории следуют следующие предсказания:
- Должна существовать универсальная (по величине и направлению) дипольная анизотропия не только микроволнового космического реликтового излучения, но и любого электромагнитного излучения.
 - Аналогичная анизотропия должна проявляться в величине отношения силы к ускорению в зависимости от их взаимного направления.
 - В рамках стандартной общей теории относительности теоретически предсказывается появление отрицательного давления в непосредственной близости от внешней границы коллапсирующего объекта конечного размера и плотности.
 - Где-то во Вселенной должна существовать своеобразная «пуповина» Вселенной – белая дыра, связывающая ее с материнской супер-Вселенной.

ЛИТЕРАТУРА

Вайнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. М.: Издательство РХД, 2000. 269 с.

Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть 2. Теория физических взаимодействий. М.: Издательство МГУ, 1998. 447 с.

Козырев Н.А. Избранные труды. Ленинград: Издательство ЛГУ, 1991. 448 с.

Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. М.: Издательство УРСС, 2002. 238 с.

Толмен Р. Относительность, термодинамика и космология. М.: Наука, 1974. 520 с.

Хайтун С.Д. Механика и необратимость. М.: Янус, 1996. 446 с.

Шаров А.С., Новиков И.Д. Человек, открывший взрыв Вселенной. Жизнь и труд Эдвина Хаббла. М.: Наука, 1989. 208 с.

Шульман М.Х. Теория шаровой расширяющейся Вселенной. Природа времени, движения и материи. М.: Едиториал УРСС, 2003. 156 с.

Шульман М.Х. Вариации на темы квантовой теории. М.: Едиториал УРСС, 2004. 91 с.

Эйнштейн А. Сущность теории относительности. М.: ИЛ, 1955. 160 с.

ГЛАВА IX

Игорь М. Дмитриевский

Московский инженерно-физический институт;
кафедра физики реликтового излучения
Web-Института исследований природы времени
<http://www.chronos.msu.ru>; dmiigor@yandex.ru

Связь масштаба времени с характеристиками реликтового излучения Вселенной

Ранее автором была опубликована новая физическая концепция. В ней он обосновал фундаментальную роль реликтового излучения Вселенной – переносчика фундаментальных взаимодействий, «носителя» пространства и времени. Зерно концепции заключено в замене гипотетического эфира или его аналога – физического вакуума реально существующим реликтовым излучением Вселенной (всеобщим фоном) с его природными, а не гипотетическими характеристиками. Рассматриваемая концепция применена к анализу хронологических сдвигов, обнаруженных Ньютоном, Морозовым, Фоменко, в надежде проникнуть в глубинную сущность времени. Проанализированы данные истории и физики при исследовании возраста Туринской плащаницы и датирования карты звездного неба, приведенной в «Альмагесте» Птолемея. В обоих случаях, относящихся к одному и тому же историческому периоду, обнаруживается одинаковость физических оценок по сравнению с историческими. В отличие от Фоменко показано, что эти сдвиги могут быть объяснены не только историческими подтасовками, но и фундаментальной причиной – неоднородностью времени, возникающей за счет изменяющейся анизотропной составляющей реликта. Фундаментальные и практические следствия выполненного исследования расширяют наши знания о времени, пространстве, массе, гравитации и др. фундаментальных понятиях науки, предлагают новые пути решения практических проблем. Время (и пространство) являются характеристиками уникальной и универсальной материальной среды – реликтового излучения Вселенной, которое является переносчиком взаимодействий (событий) и «носителем» времени и пространства. События и время возникают вместе (нет времени без взаимодействий) и имеют общую причину. Изменение масштаба времени, возникающее независимо от нашего желания, автоматически приводит к сохранению констант в уравнениях и в новом масштабе времени. А это равносильно восприятию времени как однородного, что отвечает врожденному чувству человека об однородности времени. Такое положение связано с возникающим при переходе к новому масштабу времени синхронным изменением темпа всех процессов, что и делает это изменение масштаба не воспринимаемым современниками. Обнаружена

и объяснена периодичность хронологических сдвигов и совпадение этого периода с периодом движения планеты Галлея. Предложен новый ответ и на фундаментальный вопрос «Что есть масса?», которая, как оказывается, есть характеристика сопротивления движению материального тела в универсальной среде – реликтовом излучении Вселенной. С тех же позиций решается вопрос о практическом равенстве инерционной и гравитационной массы. В обоих случаях имеем принципиально одну и ту же среду. Решен парадоксальный вопрос о сопротивлении среды и сохранении стационарных орбит планет в корпускулярно-кинетической гипотезе гравитации: происходит компенсация теряемой энергии резонансным поглощением энергии реликта. В целом показана эвристическая ценность и работоспособность концепции реликтового излучения Вселенной.

Ключевые слова: неоднородность времени, реликтовые нейтрино, реликтовое излучение, историческая хронология, непостоянство физических постоянных, радиоуглеродный анализ.

Время – одно из фундаментальных понятий. Оно используется всюду. Но известна ли нам сущность времени? Нет. В нынешнем естествознании время – исходное и неопределяемое понятие. Над проблемой времени ломали голову философы. Но и их многовековые усилия не приблизили нас к пониманию сущности времени.

При подобных затруднениях полезно обратиться к парадоксам времени. Именно анализ и разрешение парадоксов может пролить новый свет на сущность времени.

С этой точки зрения особенно интересны парадоксальные расхождения в датировках Туринской плащаницы и «Альмагеста», определяемых разными методами. История, возможно, предоставляет нам возможность проникнуть в тайну сущности времени.

Разумеется, может оказаться, что все не так, и правы те, кто считает эти исторические документы подделкой. Как и во всякой другой науке, в истории возможны временные заблуждения, мифы, фальсификации. Но, как и в других науках, ошибочные представления рано или поздно под давлением новых фактов и анализа отмирают. Ускорению этого отмирания или, наоборот, нового прозрения содействует привлечение фактов из других наук. Нередко сопоставление данных двух наук оказывается взаимно полезным для обеих наук.

Именно с такой ситуацией, как мне представляется, мы сталкиваемся, сопоставляя данные истории и астрономии (физики) при исследовании возраста Туринской плащаницы и датирования карты звездного неба, приведенной в «Альмагесте» Птолемея. При этом можно ожидать, что выяснение причин расхождения между историческими и физическими датировками позволит историкам глубже познать закономерности скоростей развития и хронологии исторических процессов, а физики приблизятся к более глубокому пониманию такого фундаментального понятия, как время.

Рассмотрение этих двух проблем в одной статье диктуется двумя обстоятельствами. Во-первых, в обоих случаях, относящихся к одному и тому же историческому периоду, обнаруживается одинаковость качественных (смещение в одну сторону) и количественных (равенство сдвигов) показателей физических оценок по сравнению с историческими. Во-вторых, в последнее время возникла возможность объяснить эти расхождения с единых (обобщенных) позиций, основанных на новой научной концепции, а не на соблазнительной способности человека торопливо объявлять все непонятное ложным, подтасовками и т. п.

Сходство количественных и качественных характеристик расхождений в датировках столь различных явлений само по себе не должно ускользать от нашего внимания и заставляет лишний раз усомниться в правдоподобности, казалось бы, разумных объяснений на основе исторических подтасовок. Слишком сведущими должны были бы быть авторы подтасовок, чтобы организовать столь удивительную синхронность сдвига по времени в явлениях, столь не похожих и удаленных друг от друга.

Начнем с Туринской плащаницы. Проведенный недавно радиоуглеродный анализ Туринской плащаницы показал, что она относится к X веку н. э. (точнее, к Средневековью – 1260–1390). Из этого был сделан вывод, что мы имеем дело с исторической подделкой. Хотя ради корректности и объективности анализа необходимо было усомниться в правильности не только исторических данных, но и физической методики, тем более что радиоуглеродный метод уже не раз приводил к подобным расхождениям.

Целью данной статьи является анализ возможных неточностей радиоуглеродного метода, основанного, как

известно, на ряде гипотетических предположений, в частности, неизменности постоянной распада λ во времени.

Сразу надо отметить, что сомневаться в неизменности этой постоянной считалось излишним, вроде бы не было к тому никаких оснований. Можно, конечно, возразить, что никто не измерял скорость β -распада и постоянную распада 500, 1000, 2000 лет назад, поскольку сама радиоактивность была открыта всего лишь около 100 лет назад. Но вряд ли это кого-либо заставит усомниться. Физики давно и прочно уверовали в постоянство физических констант постоянной радиоактивного распада, гравитационной и т. д.

Обычно это обосновывается рассуждениями, приведенными Р. Фейнманом (Фейнман и соавт., 1976, с. 139): «Существует ли возможность, что постоянная тяготения впрямь меняется со временем?...» (далее приводятся оценки, по которым при 10%-ном изменении постоянной тяготения температура на Земле из-за приближения к Солнцу повысилась бы более чем на 100 градусов, испарилась бы вся вода). «Поэтому, – замечает Р. Фейнман, – мы сейчас не верим, что постоянная тяготения изменяется по мере того, как мир стареет» (Фейнман и соавт., 1976, с. 139). В этих оценках много допущений, в частности, не рассматривается, как они (оценки) изменятся при синхронном изменении всех констант. Но тем не менее специалисты, цитирующие эти рассуждения, предпочитают умалчивать об их условности и, как правило, даже опускают слова Р. Фейнмана, завершающие эти рассуждения: «Все же приведенный аргумент не очень убедителен, и вопрос до конца не выяснен». Но вера в постоянство физических постоянных вошла в кровь физиков. Да и как, казалось бы, может быть иначе? Что, к примеру, значит, что постоянная радиоактивного распада λ [сек⁻¹] изменяется? Это значит, что и «секунда» может быть непостоянной. Но это уже покушение на священную корову физики. Однородность времени, теорема Э. Нетер, закон сохранения энергии – все это не позволяет продолжать подобный разговор. Да и не только ученые-физики, но и любой крестьянин, свободный от профессиональных привычек физиков, уверен в постоянном и равномерном течении времени. Любой человек с этими представлениями родится. И эти врожденные представления должны приниматься во внимание, ибо они не менее

важны, чем все здоровые и нездоровые идеи физиков. По-видимому, с этими убеждениями связано безоблачное восприятие книги Вайнберга «Первые три минуты возникновения Вселенной». Ни сам Вайнберг, ни кто-либо из его читателей по традиции и инерции не задался вопросом: «А что, эти первые минуты эквивалентны современным минутам?» Этот вопрос представлялся излишним, он даже не возникал. Просто на воображаемых неизменных часах фиксировались события, и этого, казалось, было вполне достаточно. Но то, что творилось в первые три минуты, несравнимо с тем, что совершается в обычные наши минуты. Масштаб событий и времени явно другой. И, как минимум, должно закрасться сомнение: «Неужели те минуты – это те же самые минуты, что и сейчас?» С точки зрения воображаемых неизменных часов – это одни и те же минуты (как доллар на заре его введения). Но с точки зрения не воображаемых, а естественных не остающихся неизменными часов, изменяющихся констант взаимодействия (гравитационной, кулоновской и др.), изменяемого масштаба событий и времени, – это разномасштабные минуты (как и разномасштабные доллары).

Так что убежденность в неизменности констант взаимодействия – не более чем миф. Всякая новая гипотеза, по большому счету, – новый миф. Поэтому уйти от мифов невозможно, да и не нужно. Но в этом постоянном мифотворчестве следует обеспечить наиболее быстрое и эффективное движение в сторону появления все более обоснованных мифов.

История учит, что это достигается в условиях конкуренции альтернативных мифов. Всякие попытки запретить альтернативу, монополизировать лишь одно из альтернативных направлений замедляют бег науки, превращают его в «бег на месте», по выражению В. Высоцкого.

В наших предыдущих публикациях уже излагался идейный подход к проблеме, и он остался неизменным. Но по сравнению с ними в данной публикации сделаны важные уточнения, исправления и дополнения. Так что по прежним публикациям можно судить, насколько нелегким и тернистым оказался путь воплощения идеи, несмотря на ее кажущуюся простоту и даже примитивность.

Возвращаясь после этого отступления к вопросу о неизменности постоянной распада, – предположении, исполь-

зуемом в радиоуглеродном методе определения возраста, мы можем констатировать, что современная физика не дает достаточных оснований для подтверждения этого предположения. Но одновременно следует заметить, что нам неизвестны и какие-либо альтернативные подходы, из которых следовало бы противоположное утверждение, за исключением обоснованной и развиваемой автором реликтовой концепции (Дмитриевский, 2000а), о которой мы подробнее скажем чуть ниже.

Важно иметь в виду, что эта концепция создавалась не ради доказательства изменчивости постоянной распада, а эта изменчивость возникает из нее как следствие.

К новой реликтовой концепции мы пришли, задумавшись над причиной нарушения фундаментального закона сохранения четности в слабых взаимодействиях, в частности, в β -распаде (до 1956 г. считалось, что этот закон не нарушается, т. е. ни один природный процесс не позволяет различить, что есть левое, а что – правое; об этом мы лишь условно договаривались). Физики смирились с нарушением фундаментального закона, но до сих пор не могут найти механизм его нарушения.

В этой ситуации и пришла к нам новая мысль, которая оказалась достаточно плодотворной (Дмитриевский, 1996).

По сути дела мы сделали почти то же, что сделал Паули, спасая в свое время в том же β -распаде другой фундаментальный закон – сохранения энергии. Паули предсказал появление новой частицы – нейтрино, которая и уносит недостающую для баланса энергию.

Высказав аналогичное предположение, что нарушение четности связано с неполнотой, незамкнутостью рассматриваемой системы (а законы сохранения справедливы только для замкнутых систем), мы определили характеристики еще одной недостающей компоненты в системе, которая и восстанавливала закон сохранения четности, не нарушая при этом всех других законов сохранения¹.

Далее нам посчастливилось обратить внимание на то, что характеристики этой компоненты точно совпали с характеристиками соответствующей компоненты такого фундаментального природного явления, как реликтовое излучение Вселенной. Реликтовым оно называется потому, что образовалось, по гипотезе Большого взрыва, при воз-

никновении Вселенной. Остывая при расширении Вселенной, реликтовое излучение достигло к настоящему времени температуры 2,7 градуса по Кельвину. По соображениям общности реликтовое излучение должно состоять из четырех компонент – переносчиков фундаментальных взаимодействий. Для слабых взаимодействий, которые ответственны за β -распад, – это пара нейтрино-антинейтрино со средней энергией 10^{-4} эВ и средней концентрацией около 200 нейтринных пар в каждом кубическом сантиметре Вселенной.

Сейчас, задним числом, можно только удивляться, что такое фундаментальное явление, как всюду присутствующее реликтовое излучение (самая естественная конкретизация злополучного эфира) оставалось в стороне от основных понятий и теорий физики, игнорировалось. Вместо этого изобретался физический вакуум с необходимыми гипотетическими свойствами.

Впрочем, можно понять, с чем это было связано. До сих пор всеобщим является убеждение, что реликтовое излучение практически ни с чем не взаимодействует. С большим трудом замерыли его фотонную составляющую. Поэтому, чтобы отнестись хотя бы с минимальным доверием к любой концепции, основанной на взаимодействии с реликтовым излучением, необходимо указать механизм его эффективного, усиленного, хотя бы при определенных условиях, взаимодействия.

Именно такой механизм был найден нами ранее (Дмитриевский, 1985; 1992). При решении проблемы воздействия слабых энергетических сигналов поиск усиленного механизма – основная проблема. Обзор всех предложенных механизмов, выполненный Д.С. Чернавским и Ю.И. Хургиным (Чернавский, Хургин, 1989), привел авторов к заключению, что в каждом из рассмотренных механизмов не хватает коэффициента усиления, по крайней мере равного 10^4 . Именно такой коэффициент усиления мы и обнаружили экспериментально при воздействии поляризованного (определенным образом упорядоченного) излучения на биологические объекты по сравнению с действием неполяризованного излучения. Но это усиление имело место только в области слабых сигналов, практически не доступной для экспериментов. Именно поэтому с этим

феноменом не столкнулись ранее. А в области неслабых (выше некоторого порога) сигналов столь существенной разницы в воздействии поляризованного и неполяризованного излучения не наблюдается. Поэтому и была сильна уверенность в отсутствии такого эффективного воздействия поляризованного излучения, в частности света.

Обнаруженный эффект позволил объяснить (Дмитриевский, 1985) многие ранее непонятные явления: высокую эффективность зрительного рецептора – палочки; равенство квантовой эффективности палочки – 0,5; повышенную остроту зрения (на два порядка) у космонавтов, наблюдавших земные объекты невооруженным глазом; наблюдение сильно удаленных предметов при миражах; обнаружение на глазах глубоководных рыб поляроидных пленок и многое другое.

На основе этого явления был предложен магниторезонансный механизм действия слабых сигналов (Дмитриевский, 1992; 1998а; 1997), в котором при явлениях ядерного магнитного резонанса, электронного парамагнитного резонанса происходит преобразование поглощаемого излучения в поляризованное.

Ради проверки универсальности этого механизма, открытого в биофизике, мы решили проверить его в ядерной физике. Тем более что для этого имелись важные предпосылки: все электроны при β -распаде вылетали именно поляризованными, а сам распад из-за слабости (и нерегистрируемости) компоненты, его вызывающей, считается спонтанным более 100 лет.

Проведенный анализ и оценочные расчеты (Дмитриевский, 1998) показали, что этот механизм непротиворечиво описывает слабые взаимодействия в ядерной физике. Он позволил не только восстановить закон сохранения четности, но и указать причину так называемой «спонтанной» радиоактивности, обнаружить некорректность в интерпретации экспериментов, трактуемых как подтверждение несохранения четности, восстановить не только закон сохранения пространственной P -четности, но и комбинированной зарядово-пространственной CP -четности, объяснить парадокс существования стационарных квантовых орбит, дать новое толкование экспериментов по определению массы нейтрино, объяснить дефицит солнечных нейтрино и многое другое.

Правдоподобность реликтовой концепции подтверждается, на наш взгляд, сорокалетними исследованиями С.Э. Шноля космофизических макрофлуктуаций в процессах самой разной природы, и в частности макрофлуктуаций скорости радиоактивного распада. Обзор этих исследований был опубликован в журнале «Успехи физических наук» (Шноль и соавт., 1998). Редколлегия журнала сопроводила эту публикацию следующим примечанием: «Феномен, описанный в статье, очевидно, вызовет удивление у читателей. Он затрагивает фундаментальные основы физики и пока не имеет объяснения». Реликтовая концепция позволяет дать такое объяснение. Обнаруженное С.Э. Шнолем влияние на скорость радиоактивного распада неизвестного фактора, безусловно, подтверждает наше предположение о незамкнутости рассматриваемой системы. А космофизический характер этого неизвестного фактора, установленный С.Э. Шнолем, находится в полном соответствии с установленной нами фундаментальной ролью в β -распаде реликтового излучения, безусловно, носящего космофизический характер. Подробному анализу закономерностей макрофлуктуаций С.Э. Шноля посвящена отдельная статья (Дмитриевский, 2001).

Из реликтовой концепции (Дмитриевский, 2000а) следует, что в отличие от общеизвестного выражения для скорости радиоактивного распада ядер: $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$, где N – число

ядер в момент времени t , λ – постоянная распада, мы будем иметь для той же скорости распада новое выражение: $\frac{dN}{dt} = -\omega\sigma\phi N$, где σ – сечение резонансного поглощения нейтринной реликтовой пары ядром, ω – вероятность распада ядра после поглощения реликтовой пары, а ϕ – плотность потока реликтовых нейтринных пар для β -распада или соответственно реликтовых переносчиков электромагнитных и сильных взаимодействий для γ - и α -радиоактивности.

Отсюда следует, что $\lambda = \omega\sigma\phi$. Значит, постоянная распада не всегда остается неизменной, она зависит от плотности потока реликтового излучения. И если справедлива гипотеза Большого взрыва, то она закономерно уменьшается во времени при расширении Вселенной. Но для рассматриваемого нами периода после рождения Христа это уменьшение

пренебрежимо мало, да и по всем современным данным надо ожидать, что концентрация реликта в высокой степени стабильна, испытывая достаточно малые отклонения от среднего значения. Но в соответствии с магниторезонансным механизмом слабых воздействий, изложенным выше, следует различать две составляющие плотности потока: φ_0 – изотропная, неупорядоченная, неполяризованная составляющая плотности потока и φ_I – упорядоченная, поляризованная составляющая, воздействие которой в 10^4 раз более эффективно, чем действие неполяризованной компоненты. Таким образом, $\lambda = \omega\sigma(\varphi_0 + 10^4\varphi_I)$. Последнее выражение позволяет исследовать зависимость постоянной распада от составляющих плотности потока реликта и их изменений во времени. Составляющая φ_0 – постоянна и изотропна, а ее флуктуации традиционно определяются случайными причинами и описываются пуассоновским распределением. Поляризованная составляющая φ_I – определяется резонансным поглощением реликта астрофизическими объектами, такими как планеты, звезды и т. п., и диффузией реликта из-за образовавшегося при поглощении градиента его концентрации. Именно этими двумя процессами и определяется окончательное распределение компоненты φ_I . По природе возникновения этой компоненты она должна быть поляризована за счет магниторезонансного механизма поглощения реликтового излучения астрофизическими объектами и возникающего при этой «накачке» инверсной заселенности энергетических уровней (необходимого условия для мазерного усилителя) и мазерного эффекта в космосе, обнаруженного уже давно экспериментально (Варшалович, 1984), но получающего новое объяснение на основе реликтовой концепции (Дмитриевский, 2000а). Ясно, что эта составляющая должна быть анизотропной. Анизотропия реликта по последним данным не превосходит 10^{-3} . Для нас важно, что даже такой небольшой анизотропии достаточно, чтобы существенно повлиять на постоянную распада. Надо также иметь в виду, что возможна интерференция от нескольких источников поляризованного излучения. Таким образом, постоянная распада может изменяться в разы. В конечном счете, постоянная распада будет определяться взаимным расположением планет, звезд и других астрофизических

объектов (например, комет и т. д.) в отдельные временные периоды.

Чтобы конкретней проследить влияние изменения постоянной распада на изменения характеристик времени, перейдем к анализу расхождений между физическими и историческими методами при оценке возраста Туринской плащаницы. Итак, мы выяснили, что носителем взаимодействий и времени является реликтовое излучение, количественной характеристикой которого выступает его концентрация, точнее, эффективная концентрация $n_{эф} = (n_0 + 10^4 n_I)$. Ее увеличение приводит к росту интенсивности природных процессов (число реакций в единицу времени), или, что аналогично, к изменению единицы времени (в данном случае к ее укорочению). Казалось бы, если вероятность распада λ увеличивается, то легко можно обнаружить и измерить это изменение, используя те же часы. Но нет никакой возможности воспользоваться теми же часами. Они одномоментно с изменением постоянной распада подобным образом изменяют единицу времени. Все часы уже идут по-другому, потому что концентрация всех переносчиков фундаментальных взаимодействий в составе реликтового излучения изменяется пропорционально. И будь то часы гравитационные (песочные или другие), атомные (радиоактивные), механические, электромагнитные и т. д., – все они одномоментно и синхронно изменяют свой масштаб.

Пусть прежняя единица времени (секунда, год и т. д.) была τ . В результате увеличения $n_{эф}$ в k раз – установилась новая единица – τ/k . Пусть λ – вероятность распада в старую единицу времени выросла в k раз и стала $\lambda' = k\lambda$. В новую, более короткую единицу (в k раз меньшую) это новое значение $\lambda' = k\lambda$ тоже уменьшится в k раз ($k\lambda/k$), т. е. в новом масштабе времени останется равной прежнему значению λ . Что касается интервала времени Δt , то измеренный в новых (более коротких единицах) он даст число единиц в k раз большее по сравнению с числом прежних (старых) единиц, т. к. сама новая единица уменьшается в k раз. При этом длительность интервала времени, равная числу единиц, умноженному на длительность единицы, и в новых единицах остается неизменной. По тем же причинам отношение измеряемой в определенный момент активности радиоуглерода к равновесной, которым оперируют в радиоуглеродном

методе датировки, при изменении единицы времени также не изменится. Исходя из неизменности всех этих величин для новых единиц времени, действует одна общая кривая распада радиоуглерода. Эта экспонента $e^{-\lambda(\Delta t)}$ относится к одинаковым интервалам времени, но измеряемым в разных единицах, когда одному «старому» веку соответствуют k «новых» веков. Пример использования этих представлений для обсуждаемых расхождений между физическими и историческими методами датировки приведен на рис. 1. К этому примеру достаточно сделать лишь два замечания. Летописцы указывают события в веках (годах и т. д.), но не указывают длительность века, которую будущие историки молчаливо полагают всегда одинаковой, равной современной. Поэтому историки сдвигают момент события, изменяя длительность века против истинной, но при этом не ошибаются при указании числа веков. Физики же, правильно определяя момент события на истинной неравномерной шкале времени, ошибаются в указании числа веков, исходя в своих расчетах из постоянства единицы времени и постоянной распада. Становится понятной возможная причина искомых расхождений этих датировок. Понятно, что рассмотренный пример носит лишь демонстрационный характер, вариант реальной жизни, безусловно, сложнее. Но этот условный расчет позволяет наглядно проиллюстрировать природу возникновения обсуждаемых расхождений и получить количественные оценки, воспринимаемые скорее как реальные, нежели как фантастичные.

Реликтовая концепция подсказывает также новый подход к экспериментальной проверке различных гипотез объяснения расхождения в возрасте Туринской плащаницы. В частности, одна из таких альтернативных гипотез связана с возможными не принципиальными, а методическими ошибками радиоуглеродного метода. В частности, влияние пожаров, которому подвергалась плащаница, могло привести к изменению концентрации радиоуглерода. Без учета этого обстоятельства можно прийти к ошибочной датировке. Нам представляется, что такое влияние будет малозначительным. Но чтобы выяснить это, не обязательно проводить кропотливые, трудоемкие и всесторонние исследования этого влияния. Достаточно выполнить принципиально другой, достаточно простой (контрольный) экспери-

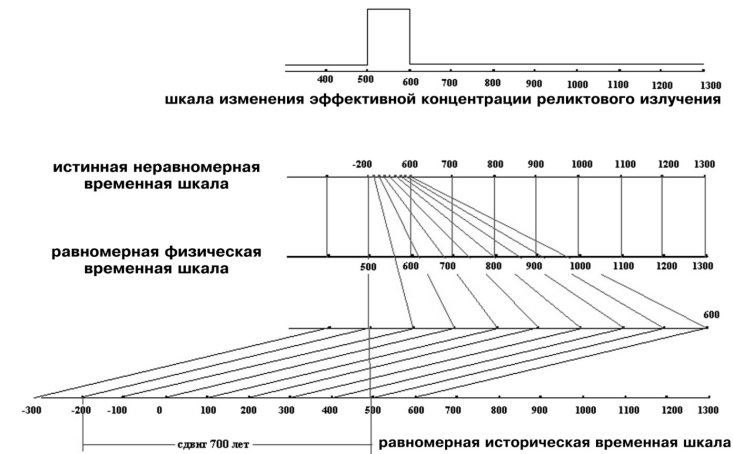


Рис. 1. Пример различных шкал времени и сдвига исторических и физических датировок в зависимости от изменения эффективной концентрации реликтового излучения

мент. Надо взять образцы полотна, относящихся по времени изготовления к тому же сроку, что и полотно Туринской плащаницы, но не подвергавшихся воздействию пожаров, и измерить их возраст. Сделать это не трудно, так как для тех времен, по данным специалистов, характерен свой способ плетения полотна. Из реликтовой концепции следует, что результаты этих измерений должны совпасть с результатами измерений Туринской плащаницы. Если это подтвердится, то сразу будет исключено влияние пожаров и т. п. факторов.

Теперь давайте перейдем к анализу другого сенсационного расхождения – расхождения между хронологиями акад. А.Т. Фоменко (Калашников и соавт., 1995) и общепринятой (исторической). На первый взгляд, между двумя рассматриваемыми расхождениями нет ничего общего. Но интересно отметить, что это новое хронологическое расхождение относится к тому же интервалу времен и характеризуется величиной того же порядка, что и рассмотренное нами ранее. Трудно поверить, что это случайность. С точки зрения реликтовой концепции именно такого совпадения и следует ожидать.

Итак, акад. А.Т. Фоменко вслед за И. Ньютоном и Н.А. Морозовым сопоставил данные древнейших летописей (напри-

мер, о солнечных затмениях) с астрономическими расчетами и выявил сильнейшие расхождения (около 10 веков), которые согласуются с выводами его предшественников. В частности, было обращено внимание на то, что карта звездного неба в знаменитом «Альмагесте» Птолемея (II век н. э.) по астрооценкам больше соответствует эпохе Возрождения.

Такие расхождения требуют объяснения. А.Т. Фоменко с сотрудниками пошли по пути поиска исторических подлогов и предложили собственные «новые методы датирования». Эти действия А.Т. Фоменко встретили аргументированный и бескомпромиссный протест подавляющего большинства историков, с которым трудно не согласиться. Но А.Т. Фоменко упорствует. И его легко понять. Он не сомневается в выявленном им расхождении и не видит других способов его объяснения. Надо заметить, что подвергаются критике и астрофизические расчеты А.Т. Фоменко. Но аргументация этой критики значительно менее обоснованна, чем аргументы историков.

Итак, в работах А.Т. Фоменко следует различать два вывода: первый – существование расхождения между датировками одних и тех же событий историками и астрономами; второй – причина этого расхождения объясняется историческими подлогами.

Критика историков опровергает второй вывод, но оставляет без внимания первый. Расхождение остается и по-прежнему не имеет объяснения.

Но почему мы ищем объяснения расхождению только в ошибках истории? Потому что история в сравнении с астрономией имеет более подмоченную репутацию? Но это – не довод. Осмотрительней руководствоваться принципом презумпции невиновности. Ради объективности и корректности анализа необходимо рассматривать не только ошибки, связанные с историей, но и возможные ошибки в методиках и допущениях астрономических расчетов. Наша цель дополнить имеющийся исторический анализ причин обнаруженного расхождения анализом возможных некорректностей физических (астрономических) оценок датирования.

К решению этой задачи применен практически тот же обобщенный подход, который использовался при анализе расхождений в возрасте Туринской плащаницы. В соответствии с концепцией реликтового излучения (Дмитриев-

ский, 2000а), константа того или другого вида фундаментального взаимодействия зависит от составляющих плотности потока соответствующей компоненты реликтового излучения. Если мы будем, к примеру, рассматривать движение Земли, то оно будет определяться гравитационной постоянной (равенством силы тяготения и центробежной силы). По тем же причинам, что и постоянная β -распада (константа слабого взаимодействия), рассмотренная выше при анализе датировки Туринской плащаницы, синхронно и по аналогичному механизму изменятся константы и других фундаментальных взаимодействий, в том числе и гравитационная. Пусть гравитационная постоянная изменяется во времени так же, как и постоянная слабого распада, отмеченная выше (см. рис. 1). Аналогом λ , которая определяет датировку в радиоуглеродном методе, в случае астрономического метода датировки будет выступать угловая скорость планеты (Земля в нашем случае) ω или линейная скорость V . Эти величины связаны со временем и позволяют надеяться, что общий подход, связанный с изменением масштаба времени, окажется применим и здесь. В приведенной в начале статьи цитате Р. Фейнмана при изменении гравитационной постоянной рассматривался лишь один вариант – изменение радиуса орбиты Земли (кстати, при этом невозможно восстановить равенство сил и получить стационарную орбиту), хотя формально допустим и вариант изменения скорости Земли для восстановления равновесия между силой гравитационного притяжения и центробежной силой. По-видимому, Фейнман исходил из закона сохранения энергии (изменение же скорости Земли изменит ее энергию), но при переходе от одного значения константы к другому (изменение однородности времени) энергия и не должна сохраняться. Ниже будет указан возможный механизм возникновения и поддержания стационарных орбит планет. Таким образом, в отличие от Фейнмана мы считаем, что радиус орбиты сохраняется, а изменяется скорость Земли. Но прежде чем рассматривать проблему на макроуровне, основанном на уравнениях Ньютона, уместно вначале спуститься на микроуровень. Концепция реликтового излучения позволяет рассмотреть гравитацию и движение планет подобно тому, как выше мы рассмотрели радиоактивность и радиоуглеродный метод

датировки. Сразу оговоримся, что современная теория гравитации, опирающаяся на работы Эйнштейна по общей теории относительности, с его идеей искривленности пространства, несмотря на ее успехи воспринимается как достаточно искусственное построение. Более естественной представляется идея о локальном изменении эффективной плотности реликта, взамен искривленности пространства. Оба подхода, по-видимому, эквивалентны в смысле получения результатов, согласующихся с наблюдениями. Но первый подход – математический (геометрический), второй – физический, позволяющий не только рассчитывать и получать результаты, но и понимать стоящие за ними физические процессы. Исходя из этого, наиболее подходящей основой для разработки теории гравитации, на наш взгляд, остается выдвинутая в 1750 году гипотеза Георга Луи Лесажа (Подольный, 1983), по которой все пространство заполнено некими частицами («лесаженами»), слабо поглощающимися материальными телами, и при рассмотрении двух смежных тел за счет их взаимного экранирования возникают нескомпенсированные импульсы, толкающие тела навстречу друг другу. Несмотря на физическую привлекательность и прозрачность этой гипотезы, отношение к ней сравнимо с отношением к Золушке, чьи сестры превосходят ее по нарядности, пышности, тривиальной предсказуемости и отсутствию глубоких внутренних достоинств. Отчасти это связано с принципиальным и, к сожалению, до сих пор неразрешенным недостатком. Р. Фейнману он казался непреодолимым. Дело в том, что при движении тела сквозь лесаженный газ с неизбежностью возникает сила сопротивления, которая, в частности, сильно бы повлияла на эволюцию орбит планет, что не согласуется с наблюдаемой с высокой точностью стационарностью орбит². Парадокс существования стационарных квантовых орбит электрона в атоме. По-видимому, А.М. Чечельницкий (1986) был одним из первых, кто обратил внимание на сходство зависимости радиусов атомных и планетных орбит от номера орбиты, предложив обобщенную зависимость радиусов стационарных орбит во всем диапазоне от атомных до планетарных. Последнее позволяет предположить единую причину и механизм возникнове-

ния и поддержания стационарных орбит, как атомных, так и планетарных. Ранее на основе реликтовой концепции мы уже предложили решение парадокса существования квантовых орбит в атоме (планетарная модель) (Дмитриевский, 2000б)³. Изложенное решение парадокса в терминах последовательно используемой реликтовой концепции, применимой и в области электродинамики, можно описать следующей схемой. Электрон при своем движении испытывает сопротивление за счет поглощения встречных реликтовых фотонов, чей нескомпенсированный импульс уменьшает скорость электрона, что эквивалентно потерям на тормозное излучение в электродинамике. Но одновременно с этим за счет поглощения энергии реликтовых фотонов скорость электрона будет возрастать, компенсируя ее снижение при тормозных потерях. Эта схема (механизм), основанная на законах сохранения импульса и энергии и существования взаимодействия с реликтовой средой, без затруднений переносится и на движение планет.

Теперь мы можем подняться на макроуровень и посмотреть, как будет влиять на движение планеты изменение эффективной плотности реликта $n_{эф}$. Будем исходить из критериев, находящихся в согласии с наблюдениями, сохранившимися в исторических документах, и последними экспериментальными исследованиями.

При изменении $n_{эф}$:

- 1) физические законы не изменяются;
- 2) радиус орбиты Земли не изменяется, т. к. не имеется исторических свидетельств противного;
- 3) константы всех фундаментальных взаимодействий изменяются синхронно (подтверждается исследованиями космофизических макрофлуктуаций С.Э. Шнолем (1998)).

В соответствии с закономерностями, найденными выше для радиоактивности, и указанными критериями можно утверждать, что при увеличении $n_{эф}$ в k раз ($n_{эф}' = k n_{эф}$) гравитационная постоянная увеличивается в k раз ($\gamma' = k\gamma$), единица измерения времени уменьшается в k раз ($\tau' = \tau/k$), орбитальная скорость возрастает в k раз ($V' = kV$). Рассмотрим, будут ли выполняться физические законы при изменении $n_{эф}$. Начнем со второго закона Ньютона – $F\Delta t = \Delta(mV)$, устанавливающего изменение импульса Земли в зависимости от силы сопротивления реликтовой среды, которую

можно положить равной $F = a n_{эф} V$, где a – коэффициент пропорциональности, не зависящий от $n_{эф}$. Учитывая, что t не зависит от $n_{эф}$ (см. выше, при анализе радиоактивности), можно видеть, что закон не изменится и равенство сохранится при изменении $n_{эф}$, если положить $m = a n_{эф}$ (т. е. $m' = km$). Таким образом, масса не остается постоянной и является характеристикой сопротивления реликтовой среды. Это важный вывод, поскольку до сих пор не прекращаются дискуссии «Что есть масса?». Возможный путь компенсации изменения импульса, обеспечивающего достижение условий стационарной орбиты, был обсужден выше. Вывод об изменении массы ($m' = km$) при изменении $n_{эф}' = k n_{эф}$, подтверждается также сохранением условия стационарности орбиты (равенством гравитационной и центробежной сил $\frac{\gamma m_c m_3}{R^2} = \frac{m_3 V^2}{R}$, где m_c и m_3 – массы Солнца и Земли). Для нас же важно в связи с нашей конкретной задачей, что период обращения Земли год ($T = \frac{2\pi R}{V}$) уменьшается при увеличении $n_{эф}$ в k раз. А это означает, что рис. 1, демонстрирующий объяснение расхождений исторической и физической (радиоуглеродный анализ) датировками (возраст Туринской плащаницы), полностью применим для объяснения идентичного расхождения исторической и физической (астрономической) датировками «Альмагеста». Отметим, что, как видно из рис. 1, тот же сдвиг в семь веков в исторической хронологии может быть получен в варианте, когда $n_{эф}(\gamma, \lambda)$ возрастает в два, а не в восемь раз, но в течение семи, а не одного века. Этот вариант может оказаться ближе к реальности. Важно также отметить, что сдвиги, обнаруженные А.Т. Фоменко с сотрудниками, 333, 1053, 1778, 2400 лет, отсчитанных от одной точки, обнаруживают повторяемость с периодом 720 (620) лет, за исключением первого сдвига в 333 года, который, по нашему мнению, определяется временем составления Скалигером его хронологии. Скалигер при создании хронологии опирался не только на данные летописей, но и на физические (астрономические) методы датировки. При этом он сталкивался с двойственностью датировок. Отражением этой двойственности и являются сдвиги, дубликаты и пр. Поэтому скалигеровская хронология нуждается в корректировке. С точки зрения обнаруженной периодичности в сдвигах с периодом

порядка 700 лет, нельзя не обратить внимание на близкий к этому значению период появления кометы Галлея (770 лет). Отход от «зубчатой синусоиды» кометы наблюдается лишь в последний период после 1759–1835 года с наибольшими отклонениями в наши дни. Вполне возможно, что именно этот отход следует учитывать, опираясь на концепцию А.Л. Чижевского при анализе и прогнозировании природных и социальных явлений в наши дни. Эта мысль открывает захватывающие перспективы для продолжения анализа. А.Т. Фоменко же, увлеченный гипотезой исторических подделок, пытается обосновать ошибочность периодического закона для кометы Галлея именно отходом от него в последние десятилетия.

Необходимо также отметить, что изменение масштаба времени, возникающее независимо от нашего желания и не контролируемое нами, автоматически приводит к сохранению констант в уравнениях неизменными и в новом масштабе времени. А это равносильно восприятию времени как однородного, что отвечает врожденному чувству однородности времени, обсуждавшемуся выше. Такое положение связано с возникающим при переходе к новому масштабу времени синхронному изменению темпа всех происходящих процессов, что и делает это изменение масштаба не воспринимаемым нами. В случае же, когда мы меняем масштаб лишь для одного процесса (например, искусственно изменяем длительность суток при перелете Владивосток–Москва), оставляя без синхронного изменения все другие процессы (например, темп дыхания и т. д.), мы неизбежно приходим к десинхронизу, естественная сбалансированность нарушается. Так что в природе временная организация столь универсальна, что при изменении масштаба времени уравнения природных процессов не изменятся (как это показано выше) и, значит, энергия в измененном временном масштабе останется той же. Это важное дополнение к теореме Э. Нетер.

Поскольку естественно полагать примерно одинаковое влияние всех компонент реликтового излучения в одни и те же временные интервалы, то следует ожидать и одинаковых расхождений как для слабых взаимодействий (в радиоуглеродном методе определения возраста Туринской плащаницы), так и в гравитационных взаимодействиях (в астрономическом методе датирования «Альмагеста» по А.Т. Фоменко).

Справедливость такого утверждения находится в согласии с экспериментальными данными С.Э. Шноля (1998).

Обсуждаемые расхождения по изложенной концепции должны носить общий и закономерный характер. Можно поискать и найти примеры и других подобных явлений с аналогичными расхождениями.

Из рассмотренного можно сделать новый, далеко идущий вывод, что время неоднородно.

Но позвольте, скажете вы, это идет вразрез с нашими привычными представлениями, подтверждаемыми огромным массивом экспериментальных наблюдений.

Разумеется, этот массив не ставится под сомнение, как и не отрицаются фундаментальная теорема Э. Нетер и ее следствия, устанавливающие связь между свойствами симметрии физической системы и законами сохранения. Э. Нетер доказала, что, если время однородно (т. е. существует симметрия уравнений физической системы относительно преобразования сдвига времени), то энергия замкнутой системы сохраняется, и, значит, интенсивности (константы) взаимодействий не меняются и миллиарды лет назад, и сейчас, и в будущем. Наш опыт практически подтверждает это – закон сохранения энергии не нарушается, константы взаимодействий не меняются.

Но дело в том, что этот опыт относится к интервалу времени наблюдения чуть больше 100 лет (с момента открытия закона сохранения энергии). И за эти годы отклонения от однородности времени были действительно пренебрежимо малы. С большим трудом эти малые отклонения улавливаются, например, С.Э. Шнолем (1998) при рассмотрении даже часовых интервалов.

Но опыта наблюдения в интервалах тысяч лет и более у физиков нет. Его может дать только история, и она, как видим, дает и наблюдения, и повод для размышления.

Такое размышление становится необходимым, а его результаты (влияние слабых воздействий на квазизамкнутую систему) могут оказаться полезными и существенными не только для истории, биологии (эволюции) и других наук, но и для мировоззрения в целом. Важным является вывод о свойстве времени сохранять симметрию уравнений при изменении его (времени) масштаба, т. е. в этом случае, как и при операции сдвига времени, закон сохранения энергии

действует, но при условии использования каждый раз своих, соответствующих единиц времени. В случае же сдвига времени единица времени, естественно, не изменялась.

Итак, проверена работоспособность реликтовой концепции и на ее основе предложена новая непротиворечивая версия объяснения расхождений датировок «Плацинды» и «Альмагеста» не историческими подтасовками, а изменениями параметров фундаментальной среды – реликтового излучения в отдаленные от нас времена.

Следствия предлагаемого решения сдвигового парадокса в датировках весьма широки. Прежде всего – фундаментальные. Главный вопрос – «Что есть время?». Отвечая на него, мы предполагали поначалу назвать эту статью «Часы фиксируют события, а время их порождает». Такое мнение сложилось под влиянием представлений Н.А. Козырева о потоке времени, который мы ассоциировали с потоком реликтового излучения. В процессе работы над статьей стало ясно, что событие и время возникают вместе (нет времени без взаимодействий) и имеют общую причину. Козырев остановился в одном шаге от этого вывода, но это не унижает его прозорливости. Дай нам Бог обладать хотя бы десятой долей его уникальной прозорливости. Теперь, вслед за Н.А. Козыревым, можно дать однозначный ответ на вопрос «Время – феномен или ноумен, субстанция или реляция?» Время (и пространство) являются характеристиками уникальной и универсальной материальной среды – реликтового излучения Вселенной, которое является переносчиком взаимодействий (событий) и носителем времени и пространства (Дмитриевский, 2000а). Попутно с этим удалось предложить новый ответ на другой фундаментальный вопрос «Что есть масса?». Масса есть характеристика сопротивления движению материального тела в универсальной среде – реликтовом излучении Вселенной. Одновременно и с тех же позиций решается следующий фундаментальный вопрос о практическом равенстве инерционной и гравитационной массы. В обоих случаях имеем принципиально одну и ту же среду с небольшим отличием в количественном отношении, значит, и характеристика сопротивления среды почти одинакова. Небольшое их различие $m_{ep} < m_{ун}$ связано с небольшим отличием среды для гравитирующего тела за счет «лесаженовых теней» от сближающихся тел. Возможность решения

столь фундаментальных и длительное время не поддающихся решению вопросов свидетельствует об эвристическом потенциале реликтовой концепции⁴.

СНОСКИ

¹ Здесь необходимо сделать одно замечание относительно этой недостающей компоненты («скрытого параметра»). В споре с Н. Бором об интерпретации квантовой механики А. Эйнштейн придерживался гипотезы «скрытых параметров». Сейчас распространено убеждение, что эта гипотеза несостоятельна (см., например: Кадомцев Б.Б. Динамика и информация. М.: УФН, 1999). Сравнение теоретических неравенств Белла и результатов последних экспериментов А. Аспекта, Т. Киса и др. по исследованию парадокса Эйнштейна–Подольского–Розена истолковывается как надежное подтверждение принципа квантовой механики (квантовые корреляции, квантовая нелокальность) и исключение «локального реализма», т. е. существования «скрытых параметров». Но этот вывод может оказаться ошибочным. Не вдаваясь здесь в детальное критическое рассмотрение квазиклассического вывода неравенств Белла, укажем лишь на одно очевидное противоречие этого вывода результатам по существу аналогичного спора Н. Бора (та же квантовая точка зрения) с В. Паули (классический подход) при рассмотрении упомянутого выше «нарушения» закона сохранения энергии в β -распаде. Слава Богу, Паули не мог знать в то время о теореме Белла. Нейтрино Паули, безусловно, – «скрытый параметр». Но в соответствии с упомянутым широко распространенным выводом, этот скрытый параметр надежно исключен. С другой стороны, он надежно подтвержден экспериментально и принят всеми физиками, включая и Н. Бора. Так что к категоричности упомянутого вывода о несостоятельности гипотезы «скрытых параметров» следует отнестись с настороженностью.

² Наиболее интересную попытку решить эту проблему предпринял Н.Е. Невеский (1993), предложив метаболическую модель кинетической теории гравитации, но, прозорливо обосновав и сформулировав гипотетические свойства метаболизма материальных тел, он оставил за пределами рассмотрения физические механизмы метаболизма, без чего трудно убедить оппонентов Лесажа, да и сама его гипотеза теряла физическую ясность и понятность, на которую она претендовала в момент возникновения.

³ Парадокс стационарных квантовых орбит объясняется компенсацией энергии, теряемой электроном в атоме, энергией резонансно поглощаемого реликта. Как только электрон, как заряженная частица, движущаяся с ускорением, теряет в соответствии с законами электродинамики

небольшую энергию порядка 10^{-4} эВ, он попадает в зону резонансного поглощения реликтовых фотонов со средней энергией 10^{-4} эВ на расщепленных энергетических уровнях за счет спин-орбитального взаимодействия электрона. Резонансно поглощенные реликтовые фотоны компенсируют потерянную энергию электрона и возвращают его в прежнее состояние. За счет этого эффекта электрон и будет находиться практически на стационарной орбите, будет наблюдаться лишь слабое «дрожание» вокруг среднего значения орбиты.

⁴ Замечание при корректуре. Использование описанного подхода к обсуждению возникновения скалигеровской исторической шкалы, уточнениям радиоуглеродного метода и др. вопросов проведено в статье (Дмитриевский, 2006).

ЛИТЕРАТУРА

Варшавович Д.А. Мазерный эффект в космосе // Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1984. С. 388.

Дмитриевский И.М. Воздействие поляризованного света на глаз человека (новое объяснение зрительного феномена, обнаруженного И.М. Фейгенбергом). Препринт МИФИ 014-85. М., 1985. 16 с.

Дмитриевский И.М. Космофизические корреляции в живой и неживой природе как проявление слабых воздействий // Биофизика. 1992. Т. 37. С. 674–680.

Дмитриевский И.М. Возможность сохранения четности в слабых взаимодействиях // Сознание и физическая реальность. 1996. Т. 1. № 4. С. 43–47.

Дмитриевский И.М. Магниторезонансный биофизический механизм слабых воздействий // Тезисы 1 Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». Санкт-Петербург, 1997. С. 3.

Дмитриевский И.М. Первичный механизм слабых воздействий // Сборник научных трудов «Научная сессия МИФИ-98». Ч. 1. М., 1998а. С. 81.

Дмитриевский И.М. О возможных причинах нарушения закона сохранения четности // Сборник научных трудов «Научная сессия МИФИ-98». Ч. 3. М., 1998б. С. 17.

Дмитриевский И.М. Новая фундаментальная роль реликтового излучения в физической картине мира // Полигнозис. 2000а. № 2. С. 38–59.

Дмитриевский И.М. Реликтовое излучение и новая концепция физики // Вторая Международная конференция «Актуальные проблемы современного естествознания». Калуга: КГПУ, 2000б.

Дмитриевский И.М. Объяснение феномена космофизических макрофлуктуаций // Биофизика. 2001. Т. 46. Вып. 5. С. 852–855.

Дмитриевский И.М. Что нового может дать для решения парадоксов исторической хронологии и уточнения основ фундаментальной физики идея непостоянства масштаба времени? // Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое. Сб-к трудов IV международной конференции. М.: Новый Акрополь, 2006. С. 14–35.

Калашников В.В., Носовский Г.В., Фоменко А.Т. Датировка звездного каталога «Альмагеста»: статистический и геометрический анализ. М.: Факториал, 1995. 286 с.

Невесский Н.Е. Кинетическая теория гравитации (метаболическая модель). (Рукопись депонирована в ВИНТИ. 23.07.1993. №2116–893). 58 с.

Подольный Р.Г. Нечто по имени ничто. М.: Знание, 1983.

Фейнман Р., Лейтон Р., Сендс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 1, 2. М.: Мир, 1976. 440 с.

Чернавский Д.С., Хургин Ю.И. Физические механизмы взаимодействия белковых макромолекул с КВЧ-излучением // Миллиметровые волны в медицине и биологии. М.: ИРЭ, 1989.

Чечельницкий А.М. Волновая структура, квантование, мегаспектроскопия Солнечной системы // Динамика космических аппаратов и исследование космического пространства. М.: Машиностроение, 1986.

Шноль С.Э., Коломбет В.А., Пожарский Э.В., Зенченко Т.А., Зверева И.М., Конрадов А.А. О реализации дискретных состояний в ходе флуктуаций в макроскопических процессах // Успехи физических наук. 1998. Т. 168. № 10. С. 1129–1140.

ГЛАВА X

Александр П. Левич

Кафедра общей экологии Биологического
факультета МГУ им. М.В. Ломоносова;
кафедра моделирования природных референтов времени
Web-Института исследований природы времени
<http://www.chronos.msu.ru>; apl@chronos.msu.ru

Моделирование природных референтов времени: метаболическое время и пространство*

Главное в содержании метаболического подхода – гипотеза об открытости всех природных систем по отношению к внешним для них потокам субстанции. Источники субстанции вместе со шлейфами элементов субстанции, излученных источником, названы частицами-зарядами. Субстанция обладает иным бытийным статусом, нежели субстратные системы, состоящие из частиц-зарядов. Потоки субстанции порождают заряды и формируют их свойства. Элементы субстанции не взаимодействуют с зарядами, но обеспечивают механизм взаимодействия зарядов.

Процесс замены элементов субстанции в системах назван метаболическим временем, или метаболическим движением систем. Совокупность элементов субстанции названа метаболическим пространством системы. Подсчет элементов субстанции позволяет ввести универсальные часы и линейки для измерения времени и расстояний. Движение в метаболическом пространстве имеет не «столкновительный», а «обменный» характер, что избавляет метаболический подход от трудностей «эфирно-субстратных» теорий.

Метаболическое время-пространство оказывается открытым по отношению к субстанции, дискретным, не обязательно равномерным, меняющим свой «возраст» и «размер».

Дискретность субстанции влечет дискретность, или пульсационность излучения элементов субстанции источниками и как следствие – наличие внутренние присущих зарядам «волновых» характеристик. Заряды оказываются не точечными, а протяженными (т. е. нелокальными) объектами как в метаболическом времени, так и в метаболическом пространстве.

Постулаты метаболического подхода допускают существование нескольких типов субстанции, что влечет существование нескольких измерений пространства, нескольких типов зарядов и взаимодействий.

Субстанциональные представления в моделировании времени и пространства позволяют описывать их как ресурсы для открытых систем.

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

Модель открытой системы с пульсирующими частицами-зарядами и метаболическим движением в субстанциональном времени и пространстве допускает как физические, так и нефизические интерпретации.

Ключевые слова: *время, пространство, движение, заряды, взаимодействие, субстанция, открытые системы, измерение времени и расстояний, становление, течение времени, дискретность времени и пространства, обратимость времени, неравномерность хода времени, вневременные события, размерность пространства, расширение пространства, ресурсодинамика, уравнение движения, корпускулярно-волновой дуализм.*

«Точка зрения, которую я хочу изложить, возникает вовсе не от какого-то радикального взгляда на вещи. Как бы ни казалась суть моих конечных выводов отличной от того, что по этому предмету обычно говорят, я все же придерживаюсь (или, как мне казалось, придерживаюсь) общепринятого подхода к большинству вопросов. Мои доводы основаны не на детальных вычислениях, а на некоторых, как мне кажется, «очевидных» фактах, сама очевидность которых способствует тому, что их обычно не принимают во внимание».

Р. Пенроуз. Сингулярность и асимметрия по времени.

1. Измышление структурных принципов необходимо

Утверждением о необходимости разработки структурных принципов в динамических теориях заканчивается анализ трудностей, сопровождающих изучение времени, в статье «Почему скромны успехи в изучении времени?» в методологической главе этой книги (Левич, 2009а).

В предстоящем изложении я попытаюсь предложить вариант аксиоматики или, другими словами, набор взаимосвязанных структурных принципов, заменяющих в понятийном базисе научного знания исходные неопределяемые представления о времени. Подобная замена влечет необходимость постулировать или конструировать целый ряд эле-

ментов научной картины Мира. В предложенном наборе принципов – это частицы, пространство, движение, взаимодействие, спин, энтропия... Представленная попытка – не законченная теория, но лишь предварительная схема, иллюстрирующая возможное направление в реализации методологических установок автора на пути к пониманию феномена времени. В качестве главного критерия успешности выбранного пути я вижу возможность вывода (а не угадывания!) законов изменчивости (например, в форме уравнений обобщенного движения) для интересующих исследователей объектов Мира.

Термин «время» подразумевает, по крайней мере, три оттенка смысла (Аркадьев, 1987; Шихобалов, 1997): *время-явление* как синоним изменчивости Мира, *время-понятие* как конструкт человеческого мышления и *время-часы* как способ измерения изменчивости. Выбирая первое толкование, мы скажем, что время – это реалия и феномен, второе – конвенция и ноумен, третье – операциональная процедура.

Обращаясь ко времени как к явлению изменчивости Мира («Однако время не существует и без изменения (для нас в настоящем исследовании не должно составлять разницы, будем ли мы говорить о движении или изменении)» (Аристотель, 1981, книга 4, глава 11)), следует ответить на вопросы о природе времени: почему происходят изменения и Мир не остается постоянным, откуда берется новое в Мире. Моделируя время как явление, следует указать его природный референт, т. е. процесс или «носитель» в материальном мире, свойства которого можно отождествить или корреспондировать со свойствами, приписываемыми феномену времени. Следует заметить, что термин «изменчивость» часто используют не только в динамическом смысле. Говорят о пространственной (например, географической) изменчивости биологических или социальных объектов. В терминах изменчивости описывают и разнообразие объектов в таксонах каких-либо их классификаций (атомы в системе химических элементов, бабочки в коллекции). В рамках настоящей работы я обсуждаю только «динамическую» изменчивость естественных систем.

Формируя понятие времени, следует предложить модель изменчивости, построить теорию и вывести законы измен-

чивости Мира (например, в форме уравнений обобщенного движения систем). Следует также указать место представлений о времени в понятийном базисе всей науки. Приведу два примера проблем, связанных с временем-понятием.

Первая проблема: время – субстанция или реляция? Другими словами, существует ли какой-либо «главный» процесс в Мире, процесс, который порождает все изменения и который в этом случае олицетворяет «природу» времени? Или все процессы равноправны и понятие времени – лишь вспомогательный прием, позволяющий соотнести процессы между собой (т. е. установить реляцию между ними)? Удачная аналогия реляционному пониманию времени – это деньги в экономике, где в самом деле существуют лишь товары и услуги, а деньги служат их удобным эквивалентом (Балацкий, 2005). Однако отличия рассматриваемых подходов сказываются в нюансах исходных постулатов: в субстанциональных подходах часто постулируют материю в трудно идентифицируемых современными экспериментальными технологиями формах и ее упорядоченную изменчивость; в реляционных подходах рассматривают материю в известных формах, а упорядочение изменчивости не упоминают. То есть субстанциональный и реляционный подходы составляют не оппозицию, а дополнение друг к другу (Левич, 1998). Так, в приведенной выше экономической аналогии реляционных представлений возможен взгляд на деньги как на своего рода «экономическую субстанцию».

Вторая проблема: время феномен или ноумен? В исследовании этой проблемы различают, например, динамическую и статическую концепции времени. Согласно динамическому видению в Мире существует становление: изменения реальны, новое возникает в реальном настоящем, прошлое или будущее существуют только в знаковых формах. По статической концепции, все, что может произойти, существует во вневременном мире, и только наше сознание высвечивает возможные состояния Мира в определенной последовательности, которую мы называем временем.

Время-часы – это всегда эталонный процесс, та «временная линейка», которую мы прикладываем к другим процессам, пытаюсь измерить порождаемую ими изменчивость.

Я выбрал для разрабатываемой конструкции термин «*метаболическое время*». Определение «метаболическое»

восходит к Аристотелю (Аристотель, 1981, с. 472), который, описывая изменение как движение в самом широком смысле, называл его «μεταβολη», т. е. изменение, перемена. Более подробное обсуждение термина можно найти в ранней работе автора (Левич, 1996б, с. 241). Наряду с термином «метаболический» (подход, часы и др.) в ряде моих работ использован термин «субституционный» (от латинского «*substitution*» – замена).

Основная гипотеза метаболического подхода – это постулат о существовании генерирующих флюэнтов, по отношению к которым открыты все естественные системы, в частности и наша Вселенная. Термин «флюэнт» заимствован у И. Ньютона: «В дальнейшем я буду называть *флюэнтами*, или текущими величинами, величины, которые я рассматриваю как постепенно и неопределенно возрастающие...» (Newton, 1744).

Принятие гипотезы генерирующих флюэнтов позволяет унифицировать как способы самой изменчивости, сведя их к заменам разного рода частиц на различных уровнях иерархического строения систем, так и способы измерения изменений, сведя их к подсчету количеств замененных в системе частиц (такой способ подсчета назван «*метаболическими часами*»).

В более ранних моих работах вместо термина «флюэнт» можно встретить термины «поток», «истечение», которые я готов использовать как синонимы нынешнему «флюэнту» (как и, например, термины «излучение», «фонтанирование»). Термин «поток» кажется мне теперь менее удачным, поскольку нагружен ассоциацией с определением «изменение какой-либо величины в единицу времени», т. е. имплицитно содержит в себе представления о времени. Термин «истечение» через кальку «эманация» своего звучания в западноевропейских языках нагружен теологическим оттенком смысла, что может дезориентировать читателя, поскольку такой смысл совершенно не присутствует в предлагаемой разработке. Термин «излучение» уже оккупирован в научно-технических текстах по радиоактивности, электромагнетизму, акустике и другим областям знания. Я буду благодарен читателям за советы, в частности по поводу наиболее удачного термина для столь непривычного, но фундаментального понятия, как «генерирующий флюэнт».

Буду называть совокупность элементов генерирующих флюэнтов субстанцией, подчеркивая ее иной бытийный статус, нежели статус «вещества», состоящего из нуклонов и электронов. Разработка субстанциональных подходов, в частности, в силу неидентифицируемости декларируемых субстанций современными экспериментальными технологиями встречается со многими познавательными трудностями – отсутствием общепринятых образов, адекватного языка описания, эмпирических реперов, понятийного аппарата. Гипотеза о существовании генерирующих флюэнтов весьма радикальна. Сдержанно настроенному исследователю можно предложить рассматривать ее не в качестве утверждения о «действительном» устройстве Мира, а лишь как удобный технический прием при моделировании времени. Многие рассуждения в рамках метаболического подхода в высшей степени спекулятивны (*speculatio* (лат.) – созерцание, умозрительность), но в определенной степени неизбежны, поскольку затрагиваемые вопросы крайне редко бывают полностью осознаны в чисто физических контекстах.

Представления о «потоках» не новы ни в естествознании, ни в философии. При желании их можно обнаружить во взглядах на время у И. Ньютона, где «время само по себе и по самой своей природе течет...» (Newton, 1687). В работе 1853 г. Б. Риман (по De Tunzelmann, 1910) показал, «что поток... в «большую вселенную» через каждую частицу может дать эффект притяжения...». К. Пирсон предположил, что «...первичной субстанцией является жидкая невращающаяся среда, а атомы или элементы материи суть струи этой субстанции. Откуда взялись в трехмерном пространстве эти струи, сказать нельзя; в возможности познания физической Вселенной теория ограничивается их существованием. Может быть, их возникновение связано с пространством более высокой размерности, чем наше собственное, но мы о нем ничего знать не можем, мы имеем дело лишь с потоками в нашу среду, со струями..., которые мы предложили именовать материей» (Pearson, 1891, с. 309–312). И, конечно, совершенно явно термин «поток времени» звучит в трудах Н.А. Козырева (1991), где автор ввел в динамическое описание мира новую «активную» сущность, не совпадающую ни с веществом, ни с полем, ни с пространством в обычном их понимании.

2. Исходные постулаты, термины и следствия метаболического подхода

1) Существуют *генерирующие флюэнты (истечения, потоки, излучения)*, «порождающие» свои элементы в нашем Мире (или «выводящие» их в небытие). Элементы генерирующих флюэнтов буду называть *частицами-эманонами* (термин, производный от слова «эманация», т. е. истечение), а их совокупности – *субстанцией*.

2) Совокупность элементов генерирующего флюэнта образует линейно упорядоченное множество. Соответствующее линейное отношение порядка буду называть *предшествованием*. Существование отношения порядка означает, что для любых элементов a , b и c выполняется: 1) если a предшествует или есть b и b предшествует или есть c , то a предшествует или есть c ; 2) если a предшествует или есть b и b предшествует или есть a , то a есть b и 3) либо a предшествует b , либо b предшествует a , либо a есть b .

3) Назову элемент b *соседним* (по отношению предшествования) с элементом a , если 1) a предшествует b и 2) не существует других элементов c таких, что a предшествует c и c предшествует b . Если любой элемент в генерирующем флюэнте имеет соседний элемент, то такое свойство генерирующего флюэнта (и, соответственно, субстанции) назову *дискретностью* (по отношению предшествования).

4) Назову генерирующие флюэнты *частицами-зарядами*. Частицы-заряды могут появляться (рождаться) и исчезать (гибнуть) в нашем Мире.

Наглядный образ частиц-зарядов – ключевой источник, фонтан или струя, «бьющие» в субстанциональном «водоеме».

5) Генерирующий флюэнт (частица-заряд) F может быть задан парой (Q, f) , где Q – источник (или сток) эманонов, а f – *шлейф* из излученных источником (поглощенных стоком) Q частиц-эманонов. Излучение эманонов источником заряда назову *генеральным процессом*. Буду в дальнейшем термины «источник», «излучение» часто применять и для «стоков», «поглощения», подразумевая, что сток определен как источник «противоположного знака». Источники есть сингулярности субстанции. Совокупность нескольких флюэнтов F_j , $j \in J_s$ назову системой S . Совокупность шлей-

фов f_j флюэнтов F_j , входящих в систему S , есть *метаболическое пространство системы S* . Совокупность источников Q_j из флюэнтов F_j , входящих в систему S , есть *субституционное пространство системы*. Систему, состоящую из всех флюэнтов Мира, назову *универсумом*. То есть любая система есть подмножество универсума. Дополнение системы до универсума, т. е. совокупность флюэнтов универсума, не входящих в систему, есть среда системы.

6) Замены («появления» и «исчезновения», «вхождения» и «выходы») частиц-эманонов в системе буду отождествлять с *течением метаболического времени* в ней, а также называть *метаболическим движением* системы. Генерирующие флюэнты представляют собой *природные референты метаболического времени*.

Предложенный постулат фактически несколько перефразирует утверждение И. Ньютона: «Но так как мы здесь привлекаем к рассмотрению время лишь в той мере, в которой оно выражается и измеряется равномерным местным движением, и так как, кроме того, сравнивать друг с другом можно только величины одного рода, а также скорости, с которыми они возрастают или убывают, то я в нижеследующем рассматриваю не время как таковое, но предполагаю, что одна из предложенных величин, однородная с другими, возрастает благодаря равномерному течению, а все остальные отнесены к ней как ко *времени*. Поэтому по аналогии за этой величиной не без основания можно сохранить название времени. Таким образом, повсюду, где в дальнейшем встречается слово *время* (а я его очень часто употребляю ради ясности и отчетливости), под ним нужно понимать не время в его *формальном* значении, а только ту отличную от времени величину, посредством равномерного роста или течения которой выражается и измеряется время» (Newton, 1774).

Метаболическое движение и течение метаболического времени – тождественные понятия. Метаболическое движение соответствует «пространственноцентрической» точке зрения: эманоны «неподвижны», а система движется, «поглощая» и (или) «испуская» элементы субстанции («точки») пространства. Течение метаболического времени соответствует «системоцентрической» точке зрения: система «неподвижна», а субстанция пространства входит в систему и (или) выходит из нее, заменяя (накапливая, убавляя) имеющуюся в системе субстанцию.

Наглядный образ метаболического движения – движение изображения на экране электронно-лучевой трубки или символов в «бегущей строке». Более близкий к физике образ метаболического движения – распространение волны, в частности уединенной волны (солитона) в среде.

Метаболическое движение происходит не путем «раздвигания» элементов субстанции, а путем их замены в системе, а именно, путем «вхождения» в систему одних «точек» метаболического пространства и «выхода» других. Поскольку субстанция генерирующих флюэнтов

не взаимодействует с «частицами-зарядами» и, проникая в результате метаболического движения «сквозь» «весомую материю», состоящую из этих частиц-зарядов, не вызывает эффектов трения и сопротивления (в обычном их понимании), то она не является эфиром XIX века, «обдувающим» тела или «увлекаемым» ими. В понятийном аппарате естествознания наиболее близкими к субстанции являются понятия пространства, поля и космического вакуума Эйнштейна–Глинера, называемого «темной энергией» (Архангельская и соавт., 2006).

7) Замены флюэнтов в системе (т. е. замены источников вместе с их шлейфами) назову *течением субституционного времени* или *субституционным движением*.

Обсуждение свойств субституционного времени проведено в более ранних моих работах (Левич, 1986; 1989; 19966).

Аналогии метаболического времени с субституционным могут помочь в понимании мотивов для выбора предложенных постулатов и построений.

8) Различные типы генерирующих флюэнтов представляют собой различные, несводимые друг к другу и невзаимозаменяемые сущности. Им соответствуют различные типы эманонов. Они порождают различные типы взаимодействий, метаболических пространств и времен.

9) Существуют устройства, способные детектировать и различать элементы субстанции определенных генерирующих флюэнтов. Назову эти устройства *«инструментами»*. Пусть для совокупностей элементов генерирующих флюэнтов определено понятие «количество элементов». Инструмент, позволяющий подсчитывать количества элементов, назову *метаболическим счетчиком*.

Итак, приведенные постулаты (существуют и более ранние их редакции (Левич, 1986; 1989; 19966; 2007а, б; Levich, 1995)) вводят исходное и неопределяемое понятие «генерирующий флюэнт», которое вместе с определениями и подразумеваемыми постулатами существования (для частиц метаболического пространства, течения метаболического времени, метаболического движения и счетчиков частиц) задают структурные принципы метаболического подхода. В качестве исходных и неопределяемых понятий также использован ряд общенаучных представлений и терминов, например, совокупность, элемент, существование, наш Мир, материя, сущность, различие, изменение, заме-

на, устройство, появление (вхождение), исчезновение (выход), источник, сток, сингулярность, взаимодействие...

Сформулирую некоторые первоначальные следствия (Левич, 1996б) приведенных постулатов, а также комментарии к ним, что поможет продолжить построение метаболической «картины Мира».

1) Метаболический подход оперирует двумя формами материи – это «субстанция» (частицы-эманоны, шлейфы флюэнтов) и «субстрат», «вещество», «весомая» материя (флюэнты, или частицы-заряды, т. е. источники-сингулярности субстанции вместе со шлейфами излученных эманонов).

Субстанция генерирующего флюэнта имеет иной бытийный статус, нежели порождаемая этим флюэнтом частица-заряд. Элементы субстанции не являются «весомой» материей (эта материя состоит из частиц-зарядов), но потоки частиц субстанции порождают «весомую» материю и формируют свойства зарядов. Элементы субстанции не взаимодействуют с частицами-зарядами, но обеспечивают механизм самого взаимодействия.

2) В метаболическом подходе присутствует разделение бытия на два (или более) мира: «*внутренний мир*» – тот, куда поступают через источники или откуда уходят через стоки эманоны, и «*внешний*» («внешние»), – откуда эманоны берутся или куда уходят. Границами этих миров являются источники (стоки) всех зарядов-флюэнтов.

3) Генерирующий флюэнт представляет собой элементарный объект теории, или ее структурный принцип (Левич, 2009а). В этом объекте слиты воедино представления о частицах «весомой» материи как об источниках и стоках субстанциональных истечений, о пространстве как о совокупности субстанций, о времени и движении как о процессе замены элементов субстанции в системах. Таким образом, понятие частицы, пространства, движения, течения времени – уже не самостоятельные элементарные объекты теории, а лишь проекции, смысловые элементы, интерпретации единого элементарного объекта – генерирующего флюэнта. Поскольку флюэнт представляет собой пару (Q, f) (см. пятый постулат), то он является не «точечным», как источник Q , а благодаря шлейфу f «протяженным» (см. раздел 3.3) элементарным объектом теории.

Подчеркну, что излучаемые источниками во внутренний мир потоки эманонов не «распадаются» на несвязанные частицы. Излученные

одним источником эманоны сохраняют «связность» в шлейфах генерирующих флюэнтов. Механизм и свойства этой связности не описаны в метаболическом подходе (впрочем, как и в других моделях с протяженными элементарными объектами, например в теории струн). Образно говоря, источники «склеивают» эманоны в «цепочки времени» – шлейфы генерирующих флюэнтов.

4) Можно сказать, что метаболический подход – это модель частицы-заряда:

- открытого по отношению к субстанциональным потокам;
- не точечного, а протяженного, распределенного (т. е. не локального) как в метаболическом пространстве, так и в метаболическом времени;
- с характеристиками существования, меняющимися в пространстве и времени «волнообразно», благодаря пульсациям эманонов (см. раздел 4.2).

5) Метаболический подход вводит субстанциональное пространство, представляющее собой объединение шлейфов генерирующих флюэнтов.

6) Метаболический подход – это теория открытого по отношению к субстанции Мира. Тем самым феномен времени в Море – следствие существования в нем генерирующих флюэнтов. Системы открыты по отношению к флюэнтам среды. Среда открыта по отношению к флюэнтам системы.

7) И метаболическое время, и метаболическое пространство, а вместе с ними и метаболическое движение дискретны в том же смысле и в той же степени, в каких дискретны элементы соответствующих субстанций (см. третий постулат). Проявление дискретности флюэнтов можно описать в терминах пульсационности излучения эманонов своим источником.

8) Метаболическое время и метаболическое движение, субституционное время и субституционное движение, т. е. замены элементов в системе слагаются из двух разнокачественных процессов – «вхождений» элементов субстанции в систему и (или) «выходов» из нее.

9) Соединение нескольких типов метаболических пространств, порождаемых субстанциями генерирующих флюэнтов различных типов, позволяет рассматривать единое многомерное метаболическое пространство системы. Наличие метаболических движений в различных «измере-

ниях» многомерного метаболического пространства требует оперировать либо с многомерным временем системы, либо выбрать один из генерирующих флюэнтов в качестве «*времяобразующего*» и оперировать с метаболическим временем этого флюэнта как с единственным временем системы. Для систем, состоящих из нескольких зарядов одного типа, возникает вопрос о согласовании времен, порождаемых различными флюэнтами. Один из подходов к согласованию – гипотеза о синхронности излучений эманонов одного типа всеми источниками. В этом случае метаболическое время нескольких флюэнтов становится не «флюэнтоспецифичным», но остается «типоспецифичным».

10) По отношению к «инструментам» (см. девятый постулат) элементы всех онтологически существующих флюэнтов делятся на различимые и неразличимые субстанции. В указанном смысле можно говорить о неразличимом метаболическом движении и неразличимом метаболическом времени («*принцип неразличимости*», Левич, 1996б).

Продолжу цитату, приведенную в предыдущем разделе: «Однако время не существует и без изменения (для нас в настоящем исследовании не должно составлять разницы, будем ли мы говорить о движении или изменении). Ибо когда не происходит никаких изменений в нашем мышлении или когда мы не замечаем изменений, нам не будет казаться, что протекло время, так же как тем баснословным людям, которые спят в Сардинии рядом с героями, когда они пробудятся: они ведь соединят прежнее «теперь» с последующим и сделают его единым, устранив по причине бесчувствия промежуточное...» (Аристотель, 1981, книга 4, глава 11).

Можно и более общим образом говорить о неразличимых (скрытых) состояниях системы.

А.В. Каминский обобщает «*инструментальную*» неразличимость элементов субстанций до субъективной неполноты в описании Мира: «Физика это то, что мы можем измерить. А измерить мы можем не все – имеет место принципиальное ограничение, названное нами физической неполнотой. Физическая неполнота всегда имеет место для субъекта (наблюдателя) и отражает тот тривиальный факт, что для части целого (коим является наблюдатель) никогда не может быть доступно целое. Следовательно, мы никогда не сможем измерить, охватить взглядом или понять мир как целое, включающее нас самих. Математики уже давно столкнулись с подобной ситуацией при изучении замкнутых формальных систем... Геделем и Тарским были сформулированы «ограничительные» теоремы, касающиеся алгоритмической разрешимости задач, полноты формальных систем и опре-

делимости понятия истины. По-видимому, аналогичные ограничения имеют место и в физике» (2006, с. 1141).

«Скрытое» время все чаще становится предметом исследования в физике (Chen, 2000 (цитируется по работе А.В. Каминского); Куракин, Малинецкий, 2004; Каминский, 2005).

11) Следует дифференцировать статусы изменчивости частиц. Во-первых, это – появление (рождение) или исчезновение (гибель) частиц во внутреннем мире. Речь идет о частицах-эманонах и самих частицах-зарядах. Подразумевается, что частицы до появления (после исчезновения) не существовали во внутреннем мире. Во-вторых, это – вхождение (или выход) частиц-эманонов или частиц-зарядов в систему из окружающей систему среды. Подразумевается, что входящие (или выходящие) частицы существовали (или продолжают существовать) во внутреннем мире.

12) Флюэнт как совокупность эманонов не является множеством в строгом смысле, поскольку для совокупности эманонов в «различные моменты метаболического времени» не выполняется аксиома экстенциональности, требующая, в частности, тождественности множества самому себе. Формально подобные проблемы решаются введением отображений, расслоений и т. п. конструкций, в которых помимо совокупностей эманонов фигурировало бы некое априорное абстрактное базовое множество, играющее роль «оси времени». В предлагаемой неформальной аксиоматике не хотелось бы идти по такому пути. Возможно, следует подумать об аксиоматическом введении особых «динамических множеств», примерами которых являются популяции организмов в биосфере, словари языков, совокупности мыслеобразов в человеческом сознании и т. п. Скорее всего такие формальные конструкции существуют, и я был бы очень благодарен читателям, подсказавшим мне нужные ссылки.

Мой вариант формализации представлений о динамических множествах использует аксиоматику теории категорий и функторов (Левич, 1980; 1982; 2009б). Класс объектов ObS категории S объединяет все потенциально возможные реализации некоторой математической структуры. (На языке теории систем – это класс всех допустимых состояний системы, или ее категорное время (Левич, 2009б). Последовательность реальных состояний системы – «траектория» в пространстве состояний – названа ее системным временем.) И если объекты категории есть структурированные множества, то класс ObS формально не является множеством, но может быть назван *динамиче-*

ским множеством, так как удовлетворяет предъявленному мною выше интуитивным о нем представлением. Таким образом, динамическое множество есть класс множеств – всех реализаций некоторой математической структуры, моделирующей изучаемую систему.

3. Метаболические часы и линейки

3.1. Метаболическое время

Введу элементы количественного измерения изменчивости в метаболическую картину Мира (Левич, 1996б). Постулаты метаболического подхода задают линейное, дискретное отношение порядка на совокупности эманов каждого флюэнта (см. второй и третий постулаты). Существует стандартная процедура, позволяющая ввести на множестве с таким отношением порядка согласованное с ним расстояние ρ , согласованное в том смысле, что, если $a < b < c$, то $\rho(a, b) < \rho(a, c)$. Процедура состоит в постулировании расстояний между соседними элементами и суммировании этих элементарных расстояний на «пути» между несоседними элементами. Таким «естественным» образом отношения порядка порождают «свои» метрики. А.Д. Арманд (см. главу в этой книге) называет сосуществование порядковых и метрических (дление) свойств у референтов времени «дуализмом» времени.

«В процессе измерения, столь простом по существу, замечается значительная недоговоренность во многих курсах механики и физики, ставших классическими; установить большую определенность в этом вопросе и вместе с тем показать, сколь большой произвол имеет место при установлении измерения, и было моей задачей» (Фридман, 1965, с. 16). А именно, если на множестве K свойств некоторого фрагмента реальности задано отношение порядка, то эти свойства называются интенсивностями. Если для интенсивностей K_1 , K_2 и K_3 определено отношение «равноотстояния»: K_1 настолько меньше K_2 , насколько K_2 меньше K_3 , то эти интенсивности называются измеримыми. Например, объемы геометрических тел — измеримые интенсивности, а уровни знания учащихся — неизмеримые. Отображение $A: K \rightarrow R$ класса свойств K в числовое множество R называется арифметизацией свойств K . Монотонная арифметизация интенсивностей называется оценкой. Примеры: оценка степени знания учащихся по пяти- или стобалльной шкале; сопоставление цветам спектра солнечного света длин соответствующих электромагнитных

волн. Оценки измеримых интенсивностей, удовлетворяющие свойству $A(K_2) - A(K_1) = A(K_3) - A(K_2)$, называются измерениями. Любые две арифметизации, являющиеся измерениями, могут лишь линейно отличаться друг от друга началом отсчета или единицей измерения. Итак, «всякий класс свойств может быть арифметизирован; если свойства эти делаются (путем нашего определения) интенсивностями, то мы можем... оценить их числами; наконец, если интенсивности делаются (опять-таки путем нашего определения) измеримыми интенсивностями, то мы можем... их измерить; измерение будет включать в себе известный произвол, который устраняется, если мы установим начальное значение и единицу измерения» (Фридман, 1965, с. 16).

Пусть среди генерирующих флюэнтов, по отношению к которым открыты рассматриваемые системы, выбран времяобразующий флюэнт. Этот флюэнт можно назвать *эталонным процессом измерения времени*. В дополнение к сформулированным уже постулатам введу *принцип конвенциональности* в выборе эталонного процесса: в качестве времяобразующего может быть выбран любой из существующих флюэнтов. Пусть также в распоряжении исследователя есть метаболический счетчик элементов времяобразующего флюэнта (см. девятый постулат).

Моментом метаболического времени, или *эталонным метаболическим событием* для заданной системы, назову акт замены в этой системе элемента эталонного процесса.

Согласно второму постулату, два элемента некоторого генерирующего флюэнта или совпадают, или один из них предшествует другому. Для моментов времени это условие буду формулировать как «из двух различных моментов один происходит раньше другого». Синонимом «соседнего элемента» (третий постулат) будет «соседний момент метаболического времени». Легко показать, что соседний момент всегда единственен.

Количеством моментов метаболического времени Δt между эталонными событиями назову количество замен элементов эталонного процесса между двумя соответствующими этим событиям моментами метаболического времени (это количество складывается из различных слагаемых $\Delta t = \Delta t^+ + \Delta t^-$, соответствующих появлениям элементов в системе и исчезновениям из нее).

Введу постулат существования *эталонного интервала метаболического времени (эталонной длительности)*.

Буду говорить, что эталонный интервал между соседними событиями эталонного процесса есть число τ_0 , и называть его *периодом эталонного процесса*.

Подразумевается, что выполняется *принцип императивности* для эталонного процесса: периоды между всеми соседними событиями эталонного процесса одинаковы.

Необходимость подобного соглашения осознана естествоиспытателями: «А priori мы можем взять любое динамическое явление и использовать его развивающий процесс, чтобы определить масштаб времени. Однако не существует равномерного естественного масштаба, так как мы не можем сказать что мы имеем в виду под словом «равномерный» в отношении времени; мы не можем схватить текущую минуту и поставить рядом с ней последующую. Иногда говорят, что равномерный масштаб времени определяется периодическими явлениями. Однако разрешите задать вопрос: может ли кто-либо нам сказать, что два следующие друг за другом периода равны?» (Milne, 1948, с. 5).

В физике роль соглашения о равномерности играет первый закон Ньютона: равными принимаются промежутки времени, за которые тело, не участвующее во взаимодействии с другими телами, проходит равные расстояния (Tompson, Tait, 1890).

Также подразумевается один из эквивалентных по своим следствиям постулатов: 1) эталонные события не имеют длительности или 2) длительности эталонных событий включены в эталонный период. Другими словами, или 1) «рождения» эталонных эманов мгновенны, а между «рождениями» проходит период τ_0 , или 2) эти эмановы «рождаются» в течение периода τ_0 .

Назову *эталонными метаболическими часами* тройку, состоящую из эталонного процесса, из метаболического счетчика (см. девятый постулат) элементов эталонного процесса и из периода τ_0 эталонного процесса.

Интервалом времени по метаболическим часам (интервалом, или длительностью метаболического времени) между метаболическими событиями эталонного процесса назову число $\Delta t = \Delta m \tau_0$, где Δm – количество моментов метаболического времени, детектируемое метаболическим счетчиком между указанными событиями, и τ_0 – период эталонного процесса.

Период τ_0 задает единицы измерения метаболического времени. Если $\tau_0 = 1$, то интервал метаболического времени равен количеству его моментов Δm , определяемому метаболическим счетчиком.

Пример «фотонных» метаболических часов продемонстрирован в концепции «скрытого» времени П.В. Куракина и Г.Г. Малинецкого (2004). Вариантом метаболических часов являются любые атомные часы.

Выше введены конструкции: эталонного процесса; эталонного метаболического события; интервала, или длительности метаболического времени между событиями эталонного процесса; эталонных метаболических часов.

Хочу ввести понятия произвольного метаболического события; произвольного метаболического процесса; интервала времени в таком процессе и произвольных метаболических часов.

Назову *метаболическим событием* в некоторой системе акт замены в ней элементов этой системы.

Линейно упорядоченное и дискретное (относительно этого упорядочения) множество метаболических событий в некоторой системе назову *метаболическим процессом*, происходящим в этой системе.

Предположим, что задана операциональная *процедура установления одновременности* эталонных и произвольных метаболических событий (*процедура синхронизации*). Дальнейшее изложение предполагает, что такая процедура существует и будет предъявлена позднее.

Интервалом, или длительностью метаболического времени между событиями A и B произвольного метаболического процесса, назову интервал между метаболическими событиями a и b эталонного процесса, для которых событие a одновременно с событием A и событие b одновременно с событием B. (Понятие длительности самого метаболического события требует выбора одного из двух альтернативных постулатов: 1) метаболические события мгновенны, т. е. не имеют длительности, или 2) с мгновенным эталонным событием одновременно определенные «фазы» метаболических событий (например, «начала» и «концы» актов замены элементов в системе), и тогда длительности метаболических событий могут быть измерены.)

Если для произвольного метаболического процесса (и генерирующего флюэнта, в частности) длительности между любыми соседними событиями одинаковы, то буду называть такой процесс равномерным относительно выбранного эталонного процесса. Длительности между соседними событиями равномерного процесса назову *периодом равномерного процесса*.

Понятие интервала метаболического времени может быть легко введено и для событий, происходящих в различных системах, если эти события синхронизированы с эталонным процессом.

Назову *метаболическими часами* тройку, состоящую из метаболического процесса, счетчика элементов этого процесса и его периода.

Если под *равномерностью течения (хода) метаболического времени* некоторого процесса понимать равенство периодов между всеми соседними событиями этого процесса, то принцип императивности постулирует равномерность течения метаболического времени в эталонном процессе, а вместе с ним равномерность течения метаболического времени во всех равномерных процессах. Метаболические часы, основанные на равномерных процессах, эквивалентны между собой по отношению к равномерности течения метаболического времени. А именно, при замене метаболических часов, основанных на некотором равномерном метаболическом процессе, на метаболические часы, основанные на другом равномерном процессе, равномерное течение времени, измеренного первыми часами, останется равномерным при измерении вторыми часами.

3.2. Субституционное время

Введенные выше представления о часах, процессах и измерении времени основаны на постулатах существования природных референтов течения времени – генерирующих флюэнтов. Аналогичные конструкции можно ввести для систем, элементы которых являются уже не элементами субстанции, а частицами-зарядами. Для этого следует принять обобщение принципа конвенциональности, позволяющее выбирать эталонный процесс среди произвольных метаболических процессов, и обобщение принципа императивности, постулирующее равенство периодов такого эталонного процесса. Роль часов начинает играть система, процесс замены элементов в которой принят за равномерный. Такие *часы* и измеряемое ими *время* (см. также седьмой постулат) названы *субституционными* (Левич, 1996б; см. также пример с популяцией в разделе 4.9).

3.3. Метаболическое расстояние

По аналогии с времяобразующим флюэнтном, эталонным процессом измерения времени и принципом конвенциональности в выборе этого процесса введу:

- *пространствообразующий флюэнт*;
- *эталон измерения расстояний*;
- *принцип конвенциональности в выборе эталона расстояний*.

Точкой *метаболического пространства* некоторого генерирующего флюэнта назову элемент этого флюэнта, т. е. соответствующую частицу-эманон.

Таким образом, метаболический счетчик элементов выбранного флюэнта (см. девятый постулат) способен подсчитывать количество точек метаболического пространства Δl .

Введу постулат существования *эталонного расстояния*. Буду говорить, что эталонное расстояние между соседними точками метаболического пространства, создаваемое пространствообразующим флюэнтном – эталоном измерения расстояний, есть число λ_0 , и буду называть его *шагом эталона измерения расстояний*. Подразумевается, что выполнен принцип императивности для эталона расстояния: шаги между всеми соседними точками эталона измерения расстояний одинаковы.

Следует выбрать один из двух умозрительных вариантов: 1) эманоны эталона расстояний не имеют размеров и «расположены» в метаболическом пространстве с шагом λ_0 или 2) их размеры «включены» в эталонный шаг и не превышают величины этого шага λ_0 .

Назову *эталонной метаболической линейкой* тройку, состоящую из эталона измерения расстояний, метаболического счетчика элементов и шага λ_0 . Принцип императивности постулирует равноудаленность друг от друга всех соседних «делений» на эталонной метаболической линейке.

Назову *расстоянием по эталонной метаболической линейке (метаболическим расстоянием) между двумя точками метаболического пространства* пространствообразующего флюэнта число $\Delta s = \Delta l \lambda_0$, где Δl – количество точек метаболического пространства между указанными точками и λ_0 – шаг эталона измерения расстояний.

Перемещением системы в метаболическом пространстве пространствообразующего флюэнта $\mathcal{L}$ в результате метаболического движения назову величину $\Delta x = \Delta l \lambda_0$, где величина $\Delta l = \Delta l^+ + \Delta l^-$ складывается из величины Δl^+ – количества эманонов из $\mathcal{L}$, вошедших в систему, и величины Δl^- – количества вышедших из системы эманонов.

Шаг λ_0 задает единицы измерения метаболического расстояния. Если $\lambda_0 = 1$, то метаболическое расстояние между двумя точками равно количеству Δl точек метаболического пространства пространствообразующего флюэнта между указанными точками.

Примером метаболической линейки могут служить дальномеры, измеряющие расстояния в длинах электромагнитных волн.

Тремя абзацами ранее введено понятие расстояния между точками метаболического пространства пространствообразующего флюэнта (эталоны измерения расстояний). Если задана процедура совмещения точек эталонной метаболической линейки с какими-либо заданными точками произвольного метаболического пространства, то *расстоянием между такими точками* следует назвать расстояние по эталонной линейке между точками флюэнта – эталона измерения расстояний, совмещенными с заданными точками. (Механизмы процедуры совмещения и их связь с процедурой синхронизации будут обсуждены позднее.)

Естественно, что время- и пространствообразующими могут быть как различные генерирующие флюэнты (рис. 1), так и один и тот же флюэнт (рис. 2).

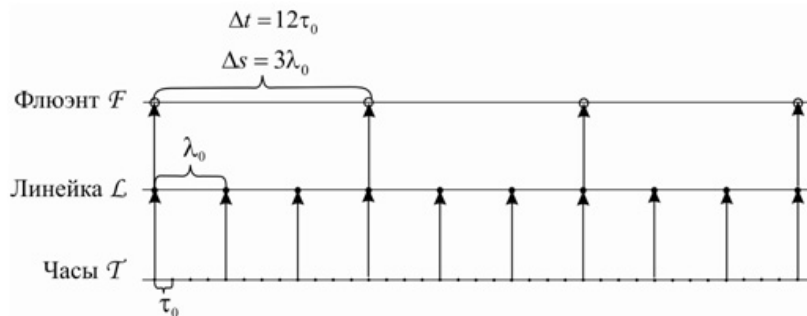


Рис. 1. Метаболические часы $\mathcal{T}$ и линейка $\mathcal{L}$

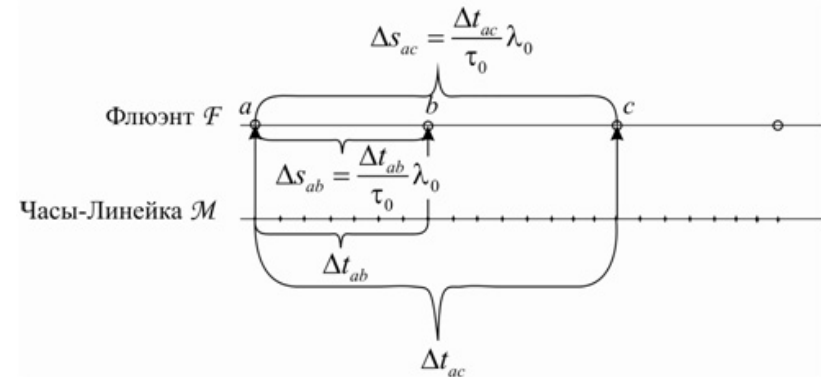


Рис. 2. Метаболические часы-линейка $\mathcal{M}$

Пусть в качестве время- и пространствообразующего выбран один и тот же флюэнт. Эманоны этого эталонного флюэнта задают как события в системах, так и точки в пространстве. Как длительности процессов, так и расстояния в соответствующем метаболическом пространстве определены через количества Δn одних и тех же эманонов.

Однако эти количества фигурируют в двух различных феноменах. Первый – превращение (появления и исчезновения) эманонов, второй – неизменное существование «уже» появившихся, но «еще» не исчезнувших эманонов. Первый феномен, допуская вольность речи, это – время, второй – пространство. Первый феномен можно рассматривать существующим независимо от второго, второй – независимо от первого и оба феномена – сосуществующими совместно.

Продолжу демонстрацию свойств генерирующих флюэнтов с помощью ранее уже упомянутого наглядного образа (всего лишь аналогии, но не тождества) источника флюэнтов в субстанциональном «водоеме».

Представим себе бассейн с входящей в него трубой. Из трубы в бассейн через счетчик поступают с периодом τ_0 частицы объемом λ_0 каждая. Первый случай: период τ_0 конечен (т. е. частота поступления частиц не равна нулю), бассейн изначально пуст, объем частицы λ_0 равен нулю. В этом случае «время» идет и $\Delta t = \Delta n \tau_0 \neq 0$, но бассейн по-прежнему пуст, т. к. $\Delta l = \Delta n \lambda_0$, т. е. «пространство» не существует. Второй случай: период τ_0 бесконечен (т. е. частота поступления частиц равна нулю), объем частицы $\lambda_0 \neq 0$ и бассейн изначально не пуст. В этом случае «время» отсутствует, но «пространство» – совокупность частиц с ненулевым объемом – существует.

Третий случай: период τ_0 конечен (т. е. частота поступления частиц не равна нулю), объем частицы $\lambda_0 \neq 0$. «Время» идет, «пространство» существует.

Генерирующий флюэнт – именно такая труба с бассейном только без бассейна, роль которого играет вся совокупность «вытекших» из трубы и имеющих собственный объем эманов. Эта совокупность и составляет метаболический бассейн-пространство, увеличивающий на шаг свой «объем» с каждым моментом метаболического времени.

Предлагаю обратить внимание на модель часов и линейек, предложенную В.В. Аристовым (см. статью в этой книге).

3.4. Формальные свойства процедуры синхронизации

Процедура синхронизации была определена как введение соответствия s между совокупностями элементов эталонного процесса E и произвольного метаболического процесса F . События $a \in E$ и $A \in F$ были названы одновременными, если $A = s(a)$. Отношение одновременности легко обобщить на совокупности событий произвольных метаболических процессов. Соответствием я называю произвольное подмножество прямого произведения двух совокупностей. Строгие формулировки использованных здесь определений и утверждений можно найти, например, в одной из книг автора (Левич, 1982), специально посвященной теории множеств и языку теории категорий. Частным случаем соответствия являются функции, или отображения: образ должен существовать у каждого элемента одной из исходных совокупностей и быть единственным. Для произвольных соответствий как образы, так и прообразы могут не существовать вовсе и не быть единственными.

Предъявлю некоторые формальные свойства синхронизации s , не оговаривая пока физические (или другие естественно-научные) механизмы реализации нужного соответствия. Напомню, что на совокупностях элементов генерирующих флюэнтов заданы отношения порядка, называемые предшествованиями. Буду называть соответствия s *синхронизацией*, если:

1) s функционально, т. е. если у элемента a существует образ по s , то этот образ единственен;

2) s инъективно, т. е. если у элемента A существует прообраз по s , то этот прообраз единственен;

3) s монотонно относительно порядков предшествования, заданных на исходных совокупностях: если элемент a предшествует элементу b , то и образ $s(a)$ предшествует образу $s(b)$ (если эти образы существуют). Инъективность и монотонность синхронизации s влекут выполнение и двойственного утверждения: если элемент A предшествует элементу B , то и прообраз $s^{-1}(A)$ предшествует прообразу $s^{-1}(B)$ (если прообразы существуют).

Таким образом, синхронизация s не обязательно должна быть всюду определенным (т. е. образ по s существует не для каждого элемента области отправления) и сюръективным (прообраз по s существует не у каждого элемента области прибытия) соответствием. Замечу, что требования единственности одновременных событий (т. е. функциональности и инъективности соответствия s) не обязательны. Но поскольку одновременность является отношением эквивалентности, то совокупности событий факторизируются, и для соответствующих фактормножеств, содержащих одновременные события, распространение соответствия s оказывается функциональным и инъективным. Следствия отказа от функциональности и инъективности могут быть рассмотрены позднее, а пока для меня важно без лишних технических усложнений (связанных с неединственностью одновременных событий) обсудить свойства метаболических часов, обусловленные наличием или отсутствием сюръективности процедуры синхронизации.

Пусть по-прежнему заданы эталонный процесс E и произвольный процесс F . Если существует сюръективная синхронизация $s: E \rightarrow F$, то процесс F буду называть *измеримым* с помощью эталона E . Выше был определен равномерный относительно эталона процесс (рис. 3б). Процесс, не являющийся равномерным, назову *неравномерным относительно эталона процессом* (рис. 3а). Подчеркну, что понятие равномерности и неравномерности процессов определены лишь относительно эталонного процесса. При замене эталона на равномерный процесс может оказаться неравномерным и наоборот. Напомню, что если метаболический процесс выбран в качестве эталонного, то он по определению становится равномерным.

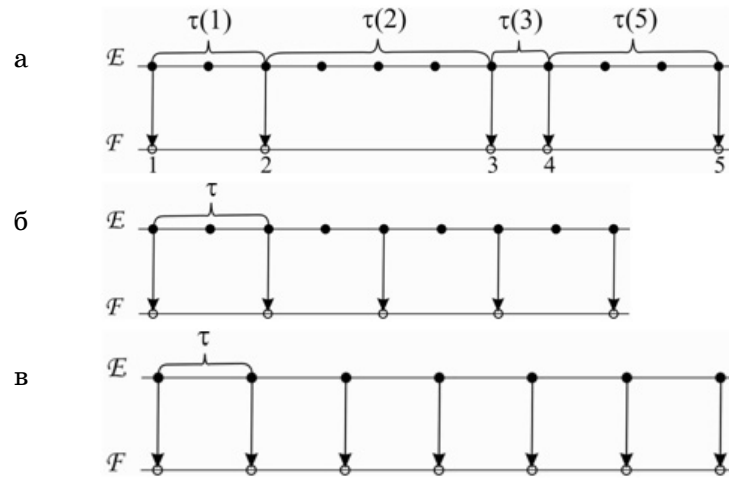


Рис. 3. Измеримые процессы. Стрелками указаны образы элементов из эталонного метаболического процесса E в метаболическом процессе F по сюръективному соответствию синхронизации

(а) – неравномерный процесс F с длительностями $\tau(i)$ между событиями;
 (б) – равномерный процесс F с периодом τ между событиями;
 (в) – эквивалентный эталону процесс F с периодом τ между событиями.

Например: «Абсолютное, истинное, математическое время само по себе и по самой своей природе, без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью. Все движения могут ускоряться или замедляться, течение же абсолютного времени измениться не может» (Newton, 1687).

Если для процесса, измеримого с помощью эталона, соответствие, обеспечивающее синхронизацию, всюду определено, то буду называть такой процесс *эквивалентным эталону* (рис. 3в). Два процесса, эквивалентные одному эталону, буду называть *эквивалентными процессами*. Все эквивалентные между собой процессы равномерны. Выбор любого из них в качестве эталона сохраняет равномерность всех других. Соответствие, обеспечивающее синхронизацию эталона с эквивалентными ему процессами обязательно биективно (т. е. всюду определено, функционально, инъективно и сюръективно).

Если сюръективное соответствие $s: E \rightarrow F$, обеспечивающее процедуру синхронизации между эталонным процессом E и произвольным метаболическим процессом F , не

существует, то процесс F буду называть неизмеримым с помощью эталона E (рис. 4).

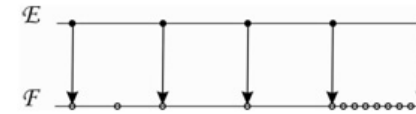


Рис. 4. Неизмеримый процесс. Стрелками указаны образы элементов из эталонного метаболического процесса E в метаболический процесс F по несюръективному соответствию синхронизации

Неизмеримость процесса F можно охарактеризовать и на «метрическом языке»: процесс F с расстояниями между соседними событиями $\{\tau(i, i+1)\}_{i \in F}$ неизмерим с помощью эталонного процесса E с периодом τ_0 , если существует номер $i \in F$, для которого $\tau(i, i+1) < \tau_0$. В этом случае некоторые события флюэнта F оказываются неразличимыми в шкале T ни по порядку, ни по интервалам времени между ними. В разделах о постулатах и следствиях метаболического подхода уже шла речь о возможной инструментальной неразличимости событий каких-либо флюэнтов. Даже в случае инструментальной различимости элементов некоторого метаболического процесса может возникнуть неразличимость событий этого процесса из-за названных выше особенностей процедуры синхронизации с эталонным процессом. Назову такую *неразличимость процедурной*. Процедурная неразличимость порождает такое свойство метаболического времени, как существование «*вневременных*» событий (Левич, 1989; Левич, 19966).

Вневременные события существуют и в квантовой механике: поглощение и испускание электромагнитных квантов атомами, т. е. переходы атома в иное энергетическое состояние; редукция волнового пакета; изменение квантовых чисел в одной из частей квантовой системы в результате процесса измерения над другой сколь угодно далеко удаленной ее частью (парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена).

Для процедурной неразличимости мы снова возвращаемся к уже упомянутому принципу неполноты в описании Мира (Каминский, 2006) и к концепции «скрытого» времени (Chen, 2000; Куракин, Малинецкий, 2004; Каминский, 2005).

Естественно, что понятия, аналогичные синхронизации событий, неразличимости событий, измеримости процессов, равномерности произвольного флюэнта относительно эталон-

ной линейки и т. п., можно ввести и для точек метаболического пространства, и для процедуры измерения расстояний.

Возникает вопрос, по каким причинам соответствие между эталоном и процессом, обеспечивающее процедуру синхронизации, может оказаться несюръективным. Часть причин может быть связана с доступным механизмом установления синхронизации (сигналы, промежуточные частицы и т. п.) и в данном контексте не обсуждается. Другие причины – это количественные свойства синхронизируемых флюэнтов. Пусть соответствие синхронизации всюду определено. Из-за его функциональности оно является функцией, а из-за его инъективности – инъекцией. Если существует инъекция из множества E в множество F , то по определению (см., например, Левич, 1982) говорят, что количество элементов в множестве E меньше или равно количеству элементов в множестве F . Если инъекция из E в F еще и сюръективна, т. е. является биекцией, то говорят, что в множествах E и F одинаковое количество элементов. Если сюръективной инъекции не существует, то говорят, что количество элементов в множестве E строго меньше, чем в множестве F (а в F – строго больше, чем в E). Таким образом, ситуацию неизмеримости процесса F с помощью эталона E и существование в F вневременных событий на языке количества элементов можно описать так: процесс F неизмерим и в нем существуют вневременные события, если количество элементов в эталоне меньше, чем в этом процессе. Процесс может оказаться неизмеримым из-за свойств соответствия синхронизации при любом соотношении количеств элементов в эталоне и этом процессе. Но если количество элементов в процессе больше, чем в эталоне, то процесс неизмерим обязательно.

3.5. Свойства метаболического времени

Из-за дискретности (см. третий постулат) генерирующих флюэнтов дискретными оказываются и их замены, т. е. течение метаболического времени. Введем степень дискретности некоторого метаболического процесса относительно заданного эталонного процесса как величину $1/\Delta t$, где Δt – количество моментов эталонного процесса, содержащихся между заданными соседними событиями рассматриваемого процесса. Очевидно, что степень дискретности процесса зависит от

выбора эталона измерения времени. Напомню, что от выбора эталонного процесса зависят также такие свойства метаболического времени, как:

равномерность или неравномерность его течения (рис. 5);
измеримость или неизмеримость процессов, процедурная различимость событий, существование вневременных событий;

величина скорости распространения метаболического процесса в метаболическом пространстве (см. раздел 4.2);

специфичность и масштаб в описании «картины Мира», поскольку тип эманов, зарядов, взаимодействий, задаваемый типом эталонного флюэнта, оказывается выделенным среди типов других флюэнтов.

Помимо выбора эталонного флюэнта и логического каркаса связанных с ним понятий, решающую роль для самой возможности описания Мира играет существование инструментальных технологий: детектирования, различения и подсчета частиц, а также синхронизации событий.

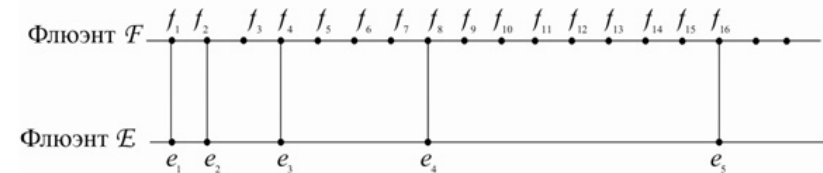


Рис. 5. При выборе в качестве эталона измерения метаболического времени флюэнта F течение метаболического времени флюэнта E оказывается неравномерным: промежутки между метаболическими событиями процесса E возрастают. Если в качестве эталона выбран флюэнт E , то неравномерно сменяются события процесса F и промежутки в нём укорачиваются

Остановлюсь кратко на формальных проблемах подсчета количества элементов в совокупностях. Понятие «количество элементов» (мощность, кардинальное число) определено в математике для множеств, не имеющих структуры (имеются в виду математические структуры, например структура порядка, алгебраическая структура, топология). Для моделирования же систем в теоретическом естествознании используют обязательно множества со структурами (множества с отношениями, геометрические пространства, алгебраические группы, дифференцируемые многообра-

зия, функциональные пространства и т. п.). Поэтому для возможности подсчета числа заменяемых элементов необходимо обобщение понятия «количество элементов» на структурированные множества. Прямое обобщение кардинальных чисел бесструктурных множеств на множества со структурой приводит лишь к частично упорядоченным «структурным числам» (Левич, 1982), тогда как кардинальные числа упорядочены линейно. Возникает проблема дальнейшего обобщения количественного описания математических структур. Эта проблема решена (Левич, 1982) с помощью функторного метода сравнения структур.

4. Эвристики метаболического подхода

4.1. Описание модели

Постулаты метаболического подхода определяют модель элементарного объекта теории:

Заданы генерирующие флюэнты, названные частицами-зарядами: источники вместе со шлейфами из излученных источниками дискретных частиц-эманонов. Существуют эманоны различных типов. Совокупность шлейфов образует метаболическое пространство системы, состоящей из выделенных флюэнтов универсума.

Метаболическое движение системы в метаболическом пространстве универсума есть замена в ней частиц-эманонов. Количество замененных в системе эманонов некоторого типа измеряет ее метаболическое время (указанного типа). Количество точек-эманонов между заданными точками метаболического пространства измеряет расстояние в этом пространстве.

В дальнейшем для краткости изложения я буду, допуская вольность речи, опускать префикс «частица» в терминах «частица-заряд» и «частица-эманон», а также прилагательное «метаболический» в терминах, связанных с пространством, движением, временем и прилагательное «генерирующий», говоря о флюэнтах, вкладывая тем не менее каждый раз в эти термины смысл, отраженный лишь их полным определением.

Буду различать системы:

- состоящие из одного источника, излучающего эманоны одного типа;
- состоящие из одного источника, излучающего эманоны нескольких типов;
- состоящие из нескольких источников, излучающих эманоны одного или нескольких типов.

Предложенная простая модель достаточна для попыток конструирования не только времени и пространства, но и ряда других существенных характеристик систем. В последующих разделах рассмотрены некоторые из таких попыток, которые на нынешней стадии разработок следует рассматривать лишь как умозрительные построения, предназначенные для иллюстрации направлений дальнейшего развития модели. Окончательным критерием приемлемости такого развития должна быть, как уже было отмечено, возможность вывода с помощью модели (а не угадывания) уравнений изменчивости и движения исследуемых систем.

4.2. Распространение субстанции и метаболические волны

Согласно исходным постулатам эманоны «появляются» в метаболическом пространстве из источника-сингулярности. Предположим, что мы умеем фиксировать с помощью метаболических часов моменты появления эманонов. Рассмотрим генерирующий флюэнт, принятый как в качестве время-образующего эталонного процесса, так и в качестве пространствообразующего эталона измерения расстояний (рис. 2). Выделю эманоны этого процесса a , b и c такие, для которых a предшествует b и b предшествует c . Пусть между появлениями эманонов a и b прошел интервал времени Δt_{ab} и между появлениями эманонов a и c – интервал Δt_{ac} . Легко показать, что из-за транзитивности отношения предшествования выполняется $\Delta t_{ac} > \Delta t_{ab}$. Эманоны a и b находятся на расстоянии $\Delta S_{ab} = \frac{\Delta t_{ab}}{\tau_0} \lambda_0$, а эманоны a и c – на расстоянии $\Delta S_{ac} = \frac{\Delta t_{ac}}{\tau_0} \lambda_0$, друг от друга. Следовательно, $\Delta S_{ac} > \Delta S_{ab}$. Увеличение времени и расстояния между «ранее появившимися» и «вновь появляющимися» из источника эманонами буду называть *процессом распространения* эманонов в метаболическом пространстве.

Величину $\gamma_0 = \lambda_0 / \tau_0$ назову *скоростью распространения эталонного процесса*. Замечу, что эта величина постоянна в ходе метаболического времени и в метаболическом пространстве эталонного процесса. Для неэталонных генерирующих флюэнтов аналог отношения λ / τ может меняться во времени и пространстве.

Величина γ_0 зависит от произвола в выборе единиц измерения времени и пространства. Постоянство скорости γ_0 при фиксированных единицах измерения есть не «свойство Мира», а результат вынужденного (принцип императивности) соглашения между познающими субъектами о равенстве эталонных периодов и расстояний, соглашения, принимаемого в силу отсутствия инструментальных способов обнаружить «неравномерность» измерительного эталона без перехода к другому эталону. В свою очередь, эталонные величины интервалов между эталонными событиями или расстояний между ними принимают за равные в силу принципа простоты, а именно – за неимением верифицируемых оснований для принятия другого, может быть, менее простого варианта.

Представления о процессе распространения эманов в метаболическом пространстве и о скорости распространения этого процесса нетрудно ввести для произвольного, а не эталонного флюэнта.

Естественно, что возникает вопрос, меняется ли скорость γ_0 при движении самого источника эталонного генерирующего флюэнта. Для ответа на него необходимо задать еще хотя бы одно метаболическое пространство, отличное от порождаемого эталонным процессом, и сформулировать понятие системы отсчета, относительно которой и можно будет говорить о движении источника в метаболических пространствах. Таким дополнительным пространством могут быть флюэнт другого типа (см. восьмой постулат), порождаемый тем же рассматриваемым источником, или флюэнт другого источника. Я предполагаю вернуться к рассмотрению указанного вопроса после содержательного обсуждения инструмента сопоставления различных флюэнтов – процедуры синхронизации.

Во многих задачах удобно выделять одно из эталонных событий (одну из точек эталона o) и называть его *началом отсчета метаболического времени (началом отсчета*

метаболического расстояния), а интервал между этим и некоторым другим событием (другой точкой a) называть *координатой времени t для события a (координатой расстояния x для точки a)*.

Пусть заданы три генерирующих флюэнта: флюэнт T – эталон измерения времени с периодом τ_0 и выбранным началом отсчета, равномерный относительно процесса T флюэнт L – эталон измерения расстояний с шагом λ_0 и выбранным началом отсчета, а также соравномерный с T и L флюэнт F с периодом τ и шагом λ . Рассмотрим событие с координатами (t, x) в прямом произведении метаболических пространств T и L . Бытие флюэнта F можно выразить суждением: эмановы из F существуют в точках метаболического пространства, в которых отношение x/λ есть целое число, и в моменты времени, в которые отношение t/τ есть целое число. То же суждение можно сформулировать с помощью *характеристической функции флюэнта F* :

$$X_F(t/\tau, x/\lambda) = \begin{cases} 1, & \text{если } t/\tau \text{ и } x/\lambda - \text{целые числа;} \\ 0, & \text{если } t/\tau \text{ и } x/\lambda - \text{не целые числа.} \end{cases}$$

А именно, эмановы из F существуют только в точках (t, x) метаболических пространств флюэнта F , где характеристическая функция $X_F = 1$ (рис. 6). Назову характеристическую функцию X_F *метаболической волной флюэнта F* .

Сделаю эвристическое допущение – замену характеристическую функцию X тригонометрической функцией, например:

$$\xi_F(t, x) = \Xi \cos \left(\frac{2\pi}{\tau} t + \frac{2\pi}{\lambda} x \right),$$

которая совпадает с функцией X_F там, где $X_F = 1$. Указанное допущение сделано для того, чтобы провести аналогию между метаболической волной и волной де Бройля

$$\psi(t, x) = \Psi \cos \left(\frac{2\pi E}{h} t + \frac{2\pi p}{h} x \right)$$

(здесь h – постоянная Планка, E и p – энергия и импульс частицы). Характеристическая функция флюэнта соответствует модели частиц, называемой пульсатором или меандром (Гришаев, 2000). Тригонометрическая функция соответствует моделированию частиц гармонич-

ческим осциллятором (среди недавних работ, где частицы рассмотрены как осцилляторы, отмечу книгу М.Х. Шульмана (2004)). Переход от характеристических функций к тригонометрическим требует указать физический смысл той характеристики ξ , которая колеблется по гармоническому закону. Если интерпретировать характеристическую функцию как вероятность существования эманонов в метаболическом пространстве (равную 1 или 0), то аналогичная интерпретация для нее в форме тригонометрической функции близка к предложению М. Борна (Born, 1926) считать волну де Бройля амплитудой вероятности распределения в пространстве свободной частицы с точно заданной энергией и импульсом. Характеристическая функция флюэнта – это отображение параметров распространения флюэнта в двузначное пространство истинности существования эманонов $\{0,1\}$. Если расширить пространство истинности до отрезка действительной прямой $[0,1]$, то аналогия между характеристической функцией в формализме нечеткой логики и квадратом модуля квантовомеханической волновой функции становится еще более тесной.

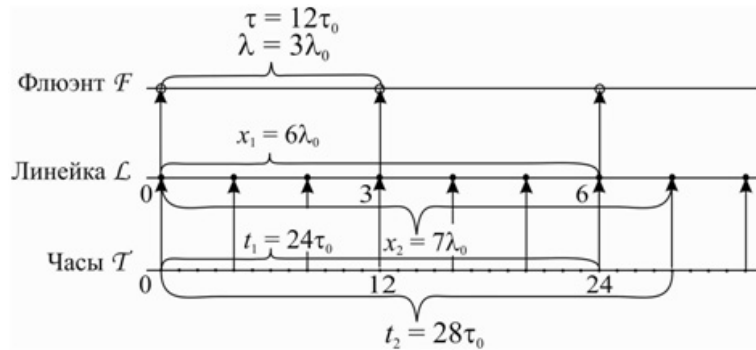


Рис. 6. Характеристическая функция флюэнта F равна 1 в точке (t_1, x_1) и равна 0 в точке (t_2, x_2) .

Понятие метаболической волны введено для соравномерных флюэнтов T , L и F . Его нетрудно обобщить, отказавшись от условий соравномерности, и получить аналог волны с меняющимися во времени и пространстве периодом и шагом.

Допуская вольность речи, можно использовать термин «метаболическая волна» как синоним и наглядный образ для понятия «генерирующий флюэнт». Подчеркну еще раз, что равномерная метаболическая волна – периодическая, но не тригонометрическая функция времени и расстояния.

Дискретность существования во времени эманонов, задаваемую характеристической функцией флюэнта в точ-

ке, соответствующей источнику эманонов, можно рассматривать как дискретность существования самого флюэнта-заряда. Другими словам, речь идет, если угодно, о «мерцательности бытия» зарядов, т. е. о последовательности существований (моментов рождения очередного эманона) и несуществований (периодов между рождениями эманонов). При этом шлейф эманонов, т. е. метаболическое пространство рассматриваемого флюэнта существует во все моменты эталонного времени T .

4.3. Количественные характеристики флюэнтов

Каждая частица-заряд включает источник одного или нескольких генерирующих флюэнтов. С каждым флюэнтом связаны числа – период τ и шаг λ . Для эталонных флюэнтов они заданы постулативно и возникают как единицы измерения длительностей и расстояний. Для остальных флюэнтов они представляют собой результаты измерения с помощью эталонных флюэнтов.

Напомню, что для произвольного флюэнта существуют метаболические события, состоящие в появлении эманонов из источника флюэнта. По определению флюэнта эти события линейно упорядочены и дискретны (см. второй и третий постулаты). Поэтому любой флюэнт есть метаболический процесс (раздел 3.1). Пусть события из заданного флюэнта F синхронизированы с некоторыми событиями из эталонного процесса T . Длительностью $\tau(i)$ между соседними событиями i и $i+1$ флюэнта F следует считать длительность между синхронными с ними событиями из эталона T . Аналогично введены расстояния $\lambda(i)$ между соседними эманонами i и $i+1$ флюэнта F , если эманоны из флюэнта F совмещены с некоторыми эманонами заданного эталона измерения расстояний L .

Введу ряд дополнительных постулатов. Для каждого источника эманонов существует его *акт рождения*. Буду считать, что имеющийся у исследователя инструмент (см. девятый постулат) способен фиксировать и акт появления эманона в источнике. Буду называть его *актом настоящего для всего флюэнта*.

Назову *мощностью флюэнта* количество эманонов n , порожденных между актами рождения и настоящего.

Возникает соблазн связать мощность частицы-заряда с какими-либо физическими характеристиками реальных частиц, например с инертной массой; величиной заряда, определяющей интенсивность взаимодействий; величиной энергии или действия и т. п. Предлагаю отложить вопросы интерпретации до более содержательного обсуждения модели.

Возрастом флюэнта назову число $T = \sum_{i=1}^n \tau(i)$, где n – мощность флюэнта; индекс i нумерует (с помощью метаболического счетчика, см. девятый постулат) эманоны от акта рождения до акта настоящего; $\tau(i)$ – длительности между соседними эманонами i и $i+1$. Для флюэнта, соравномерного с эталонным процессом, выполняется $T = n\tau$, где τ – период флюэнта.

Радиусом флюэнта назову число $R = \sum_{i=1}^n \lambda(i)$, где n – мощность флюэнта; индекс i нумерует эманоны от акта рождения до акта настоящего; $\lambda(i)$ – расстояние между соседними эманонами i и $i+1$. Для флюэнта, соравномерного с эталонным расстоянием, выполняется $R = n\lambda$, где λ – шаг флюэнта.

Назову *распределением плотности метаболического времени для флюэнта $\mathcal{F}$ относительно эталонного процесса $\mathcal{T}$* множество $\{\tau(i)\}_{i \in \mathcal{F}}$, где длительности $\tau(i)$ между соседними событиями флюэнта $\mathcal{F}$ измерены по часам $\mathcal{T}$. Если флюэнт $\mathcal{F}$ равномерен относительно эталонного процесса, то все длительности $\tau(i)$ одинаковы и в разделе 4.2 названы периодом метаболической волны $\mathcal{F}$. Соответственно, множество $\{\lambda(i)\}_{i \in \mathcal{F}}$ следует назвать *распределением плотности метаболического расстояния для флюэнта $\mathcal{F}$ относительно заданного эталона измерения расстояний $\mathcal{L}$* , где $\lambda(i)$ – расстояния между соседними эманонами флюэнта $\mathcal{F}$, измеренные метаболической линейкой $\mathcal{L}$ (или шаг λ метаболической волны флюэнта, равномерного эталону измерения расстояний).

Поскольку выполняется $\sum_{i \in \mathcal{F}} \tau(i) = T_{\mathcal{F}}$ и $\sum_{i \in \mathcal{F}} \lambda(i) = R_{\mathcal{F}}$, где $T_{\mathcal{F}}$ и $R_{\mathcal{F}}$ – период и радиус флюэнта $\mathcal{F}$, то можно ввести нормированные распределения плотностей метаболического времени и расстояния.

$$\{\Psi_{\mathcal{F}}^{\tau}(i)\}_{i \in \mathcal{F}}, \text{ где } \Psi_{\mathcal{F}}^{\tau}(i) = \tau(i) / T_{\mathcal{F}},$$

$$\{\Psi_{\mathcal{F}}^{\lambda}(i)\}_{i \in \mathcal{F}}, \text{ где } \Psi_{\mathcal{F}}^{\lambda}(i) = \lambda(i) / R_{\mathcal{F}}.$$

Эти распределения могут быть интерпретированы как вероятностные распределения.

Тем самым, чтобы задать полное описание флюэнта (относительно заданных эталонов времени и расстояния), следует задать вероятностные распределения $\{\psi(i)\}_{i \in \mathcal{F}}$.

Для равномерных флюэнтов ($\tau(i) = \text{const}$, $\lambda(i) = \text{const}$) распределения можно описывать тригонометрическими периодическими функциями, а для неравномерных флюэнтов (или, допуская вольность речи, для неравномерных метаболических волн) – их разложениями в интегралы Фурье по тригонометрическим функциям, т. е. суперпозициями тригонометрических функций.

Поскольку в величины $\tau(i)$ и T в качестве множителей входят одинаковые периоды эталона τ_0 времени, а в величины $\lambda(i)$ и R – одинаковые шаги λ_0 эталона расстояний, то нормированные распределения плотности (i) не зависят от выбора единиц измерения времени τ_0 и расстояний λ_0 . При замене эталонов времени и расстояний не меняются мощности флюэнтов. Периоды и радиусы изменяются пропорционально изменению единиц измерения, а распределения плотности могут измениться весьма существенно, если прежние и новые эталоны несоравномерны.

4.4. Многокомпонентные флюэнты

Рассмотрим D генерирующих флюэнтов различных типов. Пусть эти флюэнты имеют общий источник. Будем в таком случае говорить, что имеется *многокомпонентный (D -компонентный) флюэнт*.

Если отказаться от выбора единственного времяобразующего («главного») флюэнта, то изменения (течение времени) в системе можно охарактеризовать многокомпонентной величиной $\Delta t = \{\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_k, \dots\}$, где индекс k нумерует типы наличествующих флюэнтов, а Δt_k есть метаболическое время k -го флюэнта. Функторный метод сравнения структур, примененный, например, к структуре множеств с разбиением (через которую, по-видимому, можно выразить очень многие математические структуры (Левич, 1982)), позволяет ввести «усреднитель» метаболических времен, для которого есть основание назвать его энтропийным временем систем H (Левич, 1982; 1996б; 2004а; 2009б):

$$H(\Delta t) = \sum_k \lambda_k(\Delta t) \Delta t_k,$$

λ_k – здесь множители Лагранжа сопутствующей вариационной задачи.

Для формального описания многокомпонентных величин могут быть использованы такие математические объекты, как векторы, комплексные числа, кватернионы (кватернионный подход описан в статье В.В. Кассандрова в этой книге).

Для меня составляет проблему обоснование применения подобных имеющих богатую математическую аксиоматику конструкций для описания многокомпонентных величин. Например, рассматривая величины как векторы, мы приписываем им свойства покомпонентного сложения и умножения на общее для всех компонент число. Отождествляя двухкомпонентную величину с комплексным числом, мы, кроме операции покомпонентного сложения, считаем присущей нашей паре компонент специфическую операцию перемножения. Вопрос, который далеко не всегда обсуждают при подобных отождествлениях: навязана ли математическая аксиоматика исходным объектам, имеющим естественнонаучное происхождение, или в полном объеме продиктована их исходными нематематическими свойствами? Отмечу, что существуют работы (Шульман, 2004; Каминский, 2006), в которых авторы пытаются дать обоснование применению комплексных чисел в квантовой механике.

Рассмотрим простейший случай: двухкомпонентный флюэнт, компоненты которого F_1 и F_2 соравномерны и имеют одинаковые периоды τ , измеренные с помощью эталонного процесса T . *Сдвигом фаз между пульсациями флюэнтов F_1 и F_2 назову величину*

$$\phi_{12} = \Delta t_{12} / \tau,$$

где промежуток Δt_{12} есть интервал метаболического времени между событием $a \in F_1$ и ближайшим к нему последующим за ним событием $\alpha \in F_2$ (порядок событий в заданных флюэнтах есть порядок, индуцированный порядком прообразов в эталонном процессе T по соответствиям синхронизации $s_i: T \rightarrow F_i$, $i=1,2$). Поскольку $\Delta t_{12} + \Delta t_{21}$ (рис. 7), то $\phi_{12} + \phi_{21} = 1$. В случае гармонических колебаний фазу и сдвиг фаз определяют в единицах периода гармонических функций, т. е.

$$\phi_{12} = 2\pi \Delta t_{12} / \tau. \text{ Тогда } \phi_{12} + \phi_{21} = 2\pi.$$

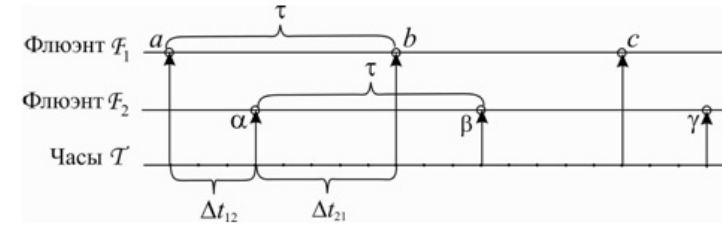


Рис. 7. Сдвиг фаз между соравномерными флюэнтами

Понятие сдвига фаз легко обобщить на соравномерные флюэнты с неодинаковыми периодами. Для несравномерных флюэнтов разность фаз оказывается зависящей от координат времени и пространства. D -компонентный флюэнт обладает $D-1$ дополнительной степенью свободы – набором из $D-1$ сдвига фаз. М.Х. Шульман (2004) интерпретирует определенный сдвиг фаз между гармоническими колебаниями частицы, моделируемой двумерным осциллятором, как спин частицы.

Как указано в предыдущем разделе, все флюэнты обладают протяженностью и пульсационной степенью свободы. Многокомпонентные флюэнты обладают несколькими собственными частотами, характеризующими пульсации их компонент, а также обладают набором сдвигов фаз между пульсациями.

Как элементарные объекты теории многокомпонентные флюэнты оказываются похожими на конструкции, порождающие структурные принципы теории струн, в которой «элементарными объектами предлагается считать не точечные частицы, а одномерные протяженные объекты...» (Морозов 1992, с. 87). «Колебания струны различаются номером гармоники («числом узлов»), поляризацией... и амплитудой. Номер гармоники и (квантованная) амплитуда связана с энергией колебаний; поскольку это энергия внутренних колебаний струны, понятно, что она отвечает за массу покоя частицы: разные гармоники – разные массы. Поляризация, очевидно, должна быть связана со спином частицы» (Морозов, 1992, с. 100).

«Хотя это совершенно не очевидно... такая простая замена точечных элементарных компонентов материи струнами приводит к устранению противоречий между квантовой механикой и общей теорией относительности. Тем самым теория струн распутывает основной Gordiev узел современной теоретической физики. Это выдающееся достижение, но оно представляет собой только часть причин, по которым теория струн вызывает такое восхищение... Теория струн дает единый способ объяснения свойств всех взаимодействий и всех видов материи... Теория струн говорит, что все наблюдаемые свойства элементарных

частиц... являются проявлением различных типов колебаний струн... каждая из разрешенных мод колебаний струн... проявляется в виде частицы, масса и заряды которой определяются конкретным видом колебания... всё – вся материя и все взаимодействия объединяются под одной и той же рубрикой – колебания микроскопических струн...» (Greene, 1999, с. 19).

Общими для флюэнтов и струн являются, как было указано, протяженность и наличие колебательных степеней свободы. Следует отметить и существенные различия между флюэнтами и струнами. Протяженность струн имеет явно микроскопические масштабы: в различных подходах размеры струн варьируют от планковской длины до атомных размеров (Greene, 1999). Протяженность флюэнтов определена их мощностью и в зависимости от давности «акта рождения» может изменяться от микромасштабов до размеров Вселенной.

Различна и природа колебаний. Колебания струн – аналог механических стоячих волн, «точки» струны колеблются в заданном до и независимо от постулирования струн пространстве, колебания имеют квантованную амплитуду. Колебания флюэнтов – пульсации, периодические появления эманонов, чередования «бытия» и «небытия» источника флюэнта.

Главное же с точки зрения метаболического подхода отличие – то, что для струн многомерное пространство-время задано независимо от их аксиоматики. Уравнения, описывающие струны, сформулированы в изначально заданном, неквантовом пространстве-времени. Флюэнты же сами порождают время и пространство.

Модели не точечных (но неодномерных) частиц предложены В.В. Кассандровым (см. главу в этой книге) и Л.С. Шихобаловым (2005).

4.5. Свойства метаболического пространства

Согласно определениям принятой модели, метаболическое пространство однокомпонентного флюэнта $\mathcal{F}=\{Q, f\}$ есть шлейф f этого флюэнта, состоящий из совокупности излученных источником Q эманонов. Метаболическое пространство системы было определено (см. пятый постулат) как совокупность шлейфов входящих в систему флюэнтов. Следует уточнить вид этой совокупности.

Метаболическое пространство системы S , состоящей из нескольких однокомпонентных флюэнтов $\mathcal{F}_j$, источники которых не совпадают, есть объединение $\Sigma_s = \bigcup_{j \in S} f_j$ метаболических пространств (шлейфов) f_j .

Пусть система S состоит из нескольких многокомпонентных флюэнтов $\mathcal{F}_j = \{Q_j, f_j^1, f_j^2, \dots, f_j^{D_j}\}$, где Q_j – источники эманонов (заряды), f_j^i – шлейфы эманонов типа i во флюэнте j и D_j – число типов эманонов во флюэнте j . Метаболическое пространство системы S есть прямое произведение метаболических пространств компонент Σ_S^i :

$$P_S = \prod_{i=1}^{\max\{D_j\}} \Sigma_S^i = \prod_{i=1}^{\max\{D_j\}} \bigcup_{j \in S} f_j^i.$$

Замечу, что предъявленные на данном этапе эвристических рассуждений конструкции для совокупностей шлейфов отдельных флюэнтов представляют собой лишь один из возможных вариантов соединения нескольких множеств в одно. Например, в статистической физике фазовое пространство нескольких частиц есть прямое произведение фазовых пространств индивидуальных частиц. Для многокомпонентных флюэнтов возможно определение метаболического пространства системы как $\tilde{P}_S = \bigcup_{j \in S} \prod_{i=1}^{D_j} f_j^i$, причем $\tilde{P}_S \neq P_S$.

Предполагаю, что окончательный выбор конструкции станет возможным при решении конкретных задач.

Поскольку каждый флюэнт задает как течение метаболического времени (замену эманонов в системах, состоящих из зарядов), так и метаболическое пространство (совокупность эманонов), то объединение флюэнтов правильнее называть *метаболическим временем-пространством*.

Размерностью D метаболического времени-пространства назову количество типов флюэнтов (см. восьмой постулат), образующих пространство.

Проблема происхождения размерности пространства стоит и перед разработчиками теории струн, элементарные объекты которой в чем-то аналогичны генерирующим флюэнтам (см. раздел 4.4). «Наиболее перспективным представляется поиск подходов, как-то выделяющих 4-мерное пространство. Более того, их не надо специально искать – занятие теорией струн само постоянно наводит на эти вопросы: помимо нашей воли струна и размерность $D=4$ – минимальная размерность пространства-времени, где мировые поверхности струн, находящиеся

в общем положении, еще пересекаются. Простейшим же выражением этого факта является гипотеза о «перенормировке» любой другой размерности к 4 за счет эффектов квантовой гравитации... Напомним, что другой, безусловно, замечательной возможностью, предоставляемой струнным сценарием объединения, является автоматическое появление сигнатуры Минковского в пространстве-времени...» (Морозов, 1992, с. 133).

Замечу, что в метаболическом подходе время-пространство как декартово произведение пространственных и временной координат возникает после конвенционального (см. раздел 3.1) выбора исследователями среди генерирующих флюэнтов различных типов эталонов измерения времени и расстояний (см. разделы 3.1 и 3.3), т. е. в указанном смысле оказывается условным. При этом время и пространство как явления Мира продолжают быть совершенно не эквивалентными: время есть замена эманов в шлейфах, а пространство – объединение шлейфов генерирующих флюэнтов.

Строго говоря, метаболическое время столь же многомерно, сколь и метаболическое время-пространство (независимо от выбора эталонов измерения), поскольку замены эманов происходят во флюэнтах всех типов.

Модели неоднородного времени все чаще привлекают внимание как физиков (например, Chen, 2000; Bars, 2001; Bars, Kuo, 2006), так и биологов (например, Моисеева, 1980; Михайловский, 1982).

Генерирующие флюэнты, порождая (или выводя в небытие) частицы-эмановы, порождают и само метаболическое пространство (или «поглощают» его). Другими словами, субстанция генерирующих потоков может накапливаться (или тратиться) в нашем Мире. Если существуют только источники некоторого флюэнта, но нет его стоков (или источники преобладают), то происходит только накопление субстанции соответствующего метаболического пространства. Про такой эффект накопления можно говорить как *про расширение метаболического пространства*. Расширение пространства сопровождают рост радиуса R и возраста T соответствующего флюэнта (см. раздел 4.3). Поскольку возраст и радиус каждого флюэнта прямо пропорциональны мощности флюэнта, то в случае пропорциональности между его периодом и шагом также возраст и радиус оказываются пропорциональными друг другу. Поэтому рост радиуса R флюэнта, порождающего метаболическое

пространство, может быть природным референтом времени (Шульман, 2003; см. также статью М.Х. Шульмана в этой книге). В случае конечности радиуса R (и соответственно возраста T) о факте конечности можно говорить как об *ограниченности метаболического пространства*.

Согласно модели, генерирующий флюэнт «состоит» из источника – сингулярности метаболического пространства и из эманов шлейфа, образующего (вместе с шлейфами других флюэнтов) само это пространство. Если источник «точечен» (с точностью до «размеров» испускаемых им эманов), то шлейф распределен во всем пространстве, точнее, он и есть само пространство. Таким образом, флюэнт как целое локализован не в «точке», а во «всем» метаболическом пространстве.

То же замечание относится к временной протяженности флюэнта-заряда. Указанные свойства М.Х. Шульман (2004) назвал *пространственной и временной нелокальностью* объектов, для которой «нельзя говорить о состоянии не только в определенной точке... но и в определенный момент времени».

Назову флюэнт $\mathcal{B}$ обращением флюэнта $\mathcal{A}$, если $\mathcal{B}$ содержит те же элементы что и $\mathcal{A}$, а отношение предшествования (см. второй постулат) в $\mathcal{B}$ противоположно отношению предшествования в $\mathcal{A}$.

Метаболическое время, порождаемое генерирующими флюэнтами, оказывается обратимым или необратимым в том же смысле и в той же степени, в каких обратимы или необратимы сами истечения.

Частицы-заряды содержат источники или стоки частиц-эманов. Обращение метаболического времени, понимаемое как обращение флюэнта, превращает источники в стоки и наоборот, т. е. влечет изменение «знака» заряда.

Сдвиг фаз φ_{12} одной из компонент в многокомпонентном заряде при обращении флюэнтов переходит в сдвиг φ_{21} (см. раздел 4.4). Для тригонометрических функций $\varphi_{21} = 2\pi - \varphi_{12}$, что эквивалентно углу $(-\varphi_{12})$, т. е. сдвиг фаз (спин?) меняет знак при обращении метаболического времени.

Обращение метаболического времени сохраняет расстояния в метаболическом пространстве (см. раздел 3.3).

Наличие отношения соседства (близости) эманов во флюэнтах (см. третий постулат) позволяет конструировать топологическую структуру метаболических пространств

и ставить вопросы об открытости или замкнутости флюэнтов (по аналогии с открытыми и замкнутыми петлями струн).

4.6. О метаболическом движении

Метаболическое движение было определено как замена эманонов в некоторой совокупности флюэнтов (см. шестой постулат). При описании движения подразумевается заданной система отсчета, т. е. объект, который принят за неподвижный. Исходя из определения движения, логично за систему отсчета принять совокупность флюэнтов, в которой не происходит изменения набора эманонов. Поскольку в любом генерирующем флюэнте происходит порождение (или исчезновение) эманонов (см. первый постулат), то в указанном выше смысле неподвижные системы не существуют. Возможно, следует различать изменения в системах за счет генерации (со «знаком плюс или минус») эманонов из источников внутри системы и изменения за счет «проникновения» в систему из внешней среды или из системы в среду (см. пятый постулат). «Внутреннее» движение следует отождествить с расширением метаболического пространства (см. раздел 4.5), с процессом распространения эманонов и с метаболическими волнами (см. раздел 4.2), а «внешнее» метаболическое движение сделать предметом рассмотрения *метаболической кинематики*.

Рассмотрю флюэнты: эталон времени T , соразмерный с ним эталон расстояния L и соразмерный с ними флюэнт F , синхронизированный с T и совмещенный с L . Примем шлейф флюэнта T за систему отсчета и выберем в нем один из эманонов в качестве начала отсчета времени (см. раздел 4.2). В силу соразмерности эталонов T и L точки из L неподвижны относительно событий из T . Пусть в L также выбрано начало отсчета расстояний. Как упомянуто в разделе 4.2, теперь во флюэнте F появилась система координат (t, x) . Для координат (t, x) легко ввести алгебраические операции сложения и вычитания, поскольку конечное множество с линейным отношением порядка изоморфно подмножеству натуральных чисел. Напомню, что в выбранной «пространственноцентрической» системе отсчета происходит внутреннее движение источника Q_F с постоянной скоростью

$\gamma_0 = \lambda_0 / \tau_0$, где τ_0 и λ_0 – соответственно период эталона T и шаг эталона L .

Рассмотрю систему S из двух однокомпонентных флюэнтов $F_1 = (Q_1, f_1)$ и $F_2 = (Q_2, f_2)$, порождающих эманоны одного типа. Метаболическое пространство этой системы есть объединение $\Sigma_S = f_1 \cup f_2$ (см. раздел 4.5). Поскольку рассмотрены эманоны одного типа, то это пространство одномерно (см. раздел 4.5). Соответствия синхронизации и совмещения между флюэнтами F_1 и F_2 возникают благодаря аналогичным соответствиям между каждым из флюэнтов и эталонами измерения времени и расстояния. Синхронизация корреспондирует источники с какими-либо эманонами из Σ_S . Координаты (t_1, x_1) и (t_2, x_2) этих эманонов позволяют ввести расстояние между источниками $r_{12} = (t_2 - t_1, x_2 - x_1)$. Это расстояние, в свою очередь, позволяет ввести координаты источников в субституционном пространстве (Q, Q_2) системы S (рис. 8).

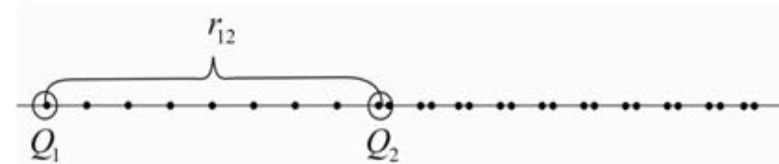


Рис. 8. Расстояние между однотипными однокомпонентными источниками

Предложенная условная схема для введения координат эманонов и источников внутри систем, по-видимому, требует детализации и разъяснений. Но для меня сейчас важно обратить внимание на то, что на одномерной оси координат (иллюстрация для двух источников приведена на рис. 8) в системах с однотипными флюэнтами возникают участки с различной плотностью эманонов и это различие зависит от «пространственного расположения» зарядов, которые в случае однотипных флюэнтов все расположены на одномерной оси.

По-видимому, будет правильным описывать эманоны двухкомпонентными координатами (a, b) где a – координата источника Q флюэнта (Q, f) в субституционном пространстве, а b – координата эманона

в шлейфе f этого флюэнта, т. е. в метаболическом пространстве. При этом числа a и b будут элементами неархимедова расширения действительных чисел, т. е. координата b будет «бесконечно малой» по отношению к действительной координате a (см. также рассуждения о трудностях «комплексификации» двухкомпонентных координат в разделе 4.4).

Рассмотрю совокупность флюэнтов – универсум (см. пятый постулат). Выделю в нем некоторую систему S и ее среду. Пусть в универсуме заданы эталоны измерения времени T и расстояний L . Пусть в систему входят и из нее выходят эманоны флюэнтов T и L , другими словами, пусть система S участвует во «внешнем» метаболическом движении.

Введу *перемещение системы* S во времени-пространстве $T \times L$ через количества эманонов из $T \times L$, замененных в S (см. восьмое следствие) – вошедших в систему $(\Delta m^+, \Delta n^+)$ и вышедших из нее $(\Delta m^-, \Delta n^-)$:

$$\Delta t = (\Delta m^+ + \Delta m^-) \tau_0,$$

$$\Delta s = (\Delta n^+ + \Delta n^-) \lambda_0$$

(здесь τ_0 и λ_0 – период и шаг эталонов T и L). Введенное определение соответствует «системоцентрической» точке зрения: система S является системой отсчета в универсуме. Она неподвижна, когда ни в нее, ни из нее не проникают эманоны эталонных флюэнтов.

4.7. О взаимодействии зарядов

Элементарные объекты метаболического подхода – генерирующие флюэнты – введены, чтобы описать феномен времени в Мире. Эти объекты порождают изменчивость, позволяющую унифицировать и измерять другие виды изменчивости. Для построения адекватной картины Мира не менее важен феномен взаимодействий материальных частиц.

Частицы-заряды в метаболическом подходе описаны источниками (или стоками) частиц-эманонов вместе со шлейфами излученных эманонов. Можно сказать, что истечения эманонов пульсируют с частотой появления эманонов из источников. Возникает соблазн описать взаимодействие зарядов «гидродинамической» моделью для потоков частиц.

Подобные попытки не прекращались всю вторую половину XIX века. Историю «пульсационных» и «источнико-

стоковых» теорий взаимодействия проследил Н.Т. Роузвер, из обзора которого почерпнуты многие из нижеследующих формулировок и ссылок (Roseveare, 1982, с. 125–133).

Среди представителей «пульсационной» школы виднейшее место принадлежит Ц.А. Бьеркнесу. Этот норвежский физик пытался объединить в рамках гидродинамической теории электрические, магнитные и гравитационные взаимодействия (Bjerknes, 1901). Ц.А. Бьеркнес начал работать над нею в 1856 г. Его вывод состоял в том, что два сферических тела, помещенные в несжимаемую жидкость и пульсирующие в фазе, будут притягиваться с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Если фазы колебаний отличаются на π , тела будут отталкиваться.

Ф. Гатри (Guthrie, 1870) проводил эксперименты по исследованию притяжения и отталкивания двух колеблющихся камертонов. Когда Ф. Гатри опубликовал результаты опытов, многие почувствовали, как перед ними раскрывается новый мир, и стали надеяться на объяснение действия гравитации, магнетизма и электричества.

Та же надежда побудила кембриджского астронома Дж. Чаллиса к целому циклу работ по пульсациям тел в среде. «Гидродинамическая теория сил притяжения и отталкивания», опубликованная Чаллисом в 1872 г., содержала вывод формулы для сил, содержащей члены, обратно пропорциональные как второй, так и четвертой степеням расстояния. Последователями Дж. Чаллиса стали В. Хикс (Hicks, 1880) и А. Лийи (Leahy, 1889), формулы которых содержали поправки, обратно пропорциональные соответственно пятой и третьей степеням расстояния между сферами, а также зависимость от разности фаз колебаний сфер.

Пульсационные теории не убедили А. Пуанкаре. В лекциях 1906–1907 гг. он отмечал (Poincaré, 1953) целый ряд недостатков таких теорий. Так, в фазе может пульсировать одновременно любое число сфер, тогда как в противофазе – только два тела, т. е. если под сферами понимать частицы материи, то из них не удастся собрать «большое» тело. Предположение о синхронности пульсаций всех частиц требует объяснения причин синхронности (идея Дж. Уилера о том, что все электроны Мира суть один-единственный электрон (Feuerman, 1965), возникла лишь через пятьдесят с лишним лет). Наконец, для поддержания амплитуды пульсаций всех частиц Мира необходимы какие-то внешние силы (идеи об открытости Вселенной к потокам энергии не были приняты в начале XX века, во второй его половине вопрос об изолированности Вселенной стал осторожно подвергаться сомнению – см., например, в отечественной литературе Козырев, 1991; Левич, 1996; Шулман, 2003).

Выдвигались и другие теории взаимодействия, исходящие из свойств эфира. В отличие от пульсационных теорий, где причиной, вызывающей притяжение и отталкивание тел, считались короткопериодические потоки эфира, в них рассматривались вековые потоки. Еще в 1853 г. Б. Риман показал, что поток эфира в «большую вселенную» через каждую частицу может дать эффект притяжения (De Tunzel-

mann, 1910). В 1870 г. о силах, возникающих между источниками и стоками жидкости, и об аналогиях с гравитацией говорил В. Томсон. Но теоретически обосновал идею о взаимодействии источников (и стоков) К. Пирсон: «...и закон тяготения, и теория потенциала более естественно вытекают из теории струй эфира, чем из пульсационных теорий... первичной субстанцией является жидкая невращающаяся среда, а атомы или элементы материи суть струи этой субстанции. Откуда взялись в трехмерном пространстве эти струи, сказать нельзя; в возможности познания физической Вселенной теория ограничивается их существованием. Может быть, их возникновение связано с пространством более высокой размерности, чем наше собственное, но мы о нем ничего знать не можем, мы имеем дело лишь с потоками в нашу среду, со струями эфира, которые мы предложили именовать «материей» (Pearson, 1891, с. 309–312). Для скорости потоков Пирсон получил выражения в виде ряда. Ряд содержал постоянный член, ответственный за тяготение, периодические члены, связанные с химическим родством и связью, и другие колебательные члены, описывающие оптические и электрические явления. Близкую к гидродинамическим моделям гипотезу о «всемирном тяготении как следствии образования весомой материи внутри небесных тел» высказал И.О. Янковский (1889).

«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 течений несжимаемой жидкости» (Арнольд, 1987, с. 8).

Взаимодействие двух тел, «излучающих» потоки газа, рассмотрел К.П. Станюкович (1958, с. 686–688): «Пусть имеются два неподвижных сферических тела... Газ, испускаемый телами будем считать ультрарелятивистским... Очевидно, что сила взаимодействия между телами, будет силой притяжения, поскольку газ расширяется неравномерно, а именно, меньше при истечении в область между телами... Мы пришли к закону взаимодействия между телами вида закона Ньютона или Кулона».

Работы по гидродинамическому моделированию взаимодействий продолжают и в последние годы (например, Бриль, 1995; Бердинских, 1999; Савчук, 2001; Гришаев, 2002).

Объяснения механизмов взаимодействия, предлагаемые пульсационным и источниково-стоковым механизмами, основываются на «субстратной» природе материи, участвующей в колебаниях или истечениях (этот «субстрат» в XIX, да и в XX веке чаще всего называли эфиром). Другими словами, колеблющиеся элементы сплошной гидродинамической среды или излучаемые источниками частицы обладают инертной массой; за счет скорости пульсаций или истечения

эта масса обладает импульсом; передача импульса порождает силы взаимодействия. Указанные механизмы описывают «столкновительный» характер взаимодействия. Именно с наличием инертной массы у элементов колеблющихся сред или истекающих струй связаны трудности концепции «субстратного» эфира: наличие «эфирного ветра», трения, увлечаемости, диссипации энергии...

Постулаты метаболического подхода подразумевают, что вводимые подходом «пульсирующие» и «излучаемые» объекты – эманоны – не обладают ни инертной массой, ни какими-либо порождающими взаимодействия зарядами. Этими характеристиками обладают флюэнты в целом, а количественная мера таких характеристик может возникнуть из количественных параметров процесса излучения эманонов (см. четвертый постулат).

Квантовые гипотезы М. Планка и Л. де Бройля вводят аналоги кинетической энергии и импульса и для безмассовых частиц. На языке метаболического подхода определения энергии E и импульса p для эманонов, принадлежащих флюэнту, характеризующемуся периодом τ и шагом λ , можно ввести следующим образом:

$$E \sim 1/\tau \text{ и } p \sim 1/\lambda.$$

Соответствующий коэффициент пропорциональности в квантовых гипотезах назван постоянной Планка $\hbar$.

Эманоны в своем метаболическом движении не «сталкиваются» с системами, состоящими из зарядов, а «проникают» сквозь них или поглощаются стоками (см. четвертый постулат). Поэтому, с одной стороны, субстанция эманонов не является эфиром, а с другой стороны, для зарядов-флюэнтов характерны, скорее, не «столкновительные», а «обменные» механизмы взаимодействия.

«...электрон излучает или поглощает фотон (не важно, поглощает или излучает). Я буду называть это действие "соединением", "связью" или "взаимодействием"» (Feynman, 1985, с. 82).

«В квантовой теории взаимодействие на расстоянии описывается в терминах обмена специальными квантами (бозонами), связанными с данным типом взаимодействия... Квантомеханическая сила между зарядами описывается за счет обмена виртуальным фотоном с импульсом, равным изменению импульса заряда, испустившего (поглотившего) фотон...

Квантовая концепция испускания и поглощения виртуальных фотонов источником заряда – столь же условна, как и классическая концепция поля, окружающего источник.

Как поле, так и виртуальный квант ненаблюдаемы; они ответственны за силу, которую можно измерить количественно. Однако распространение электромагнитного поля действительно квантуется в виде свободных фотонов – квантов, поэтому описание взаимодействия в виде обмена виртуальными фотонами в статическом случае удобно для обсуждения взаимодействия в микроскопическом масштабе» (Perkins, 1987, с. 13–14).

Не могу удержаться от того, чтобы привести вывод закона обратных квадратов в случае «обменного» механизма взаимодействий (Perkins, 1987, с. 14). Пусть импульс фотона равен q , а расстояние между электронами есть r . По принципу неопределенности $qr \approx \hbar$ (здесь $\hbar$ – постоянная Планка). Импульс передается в течение времени $t = r/c$ (здесь c – скорость распространения фотонов), что соответствует силе $f = \frac{dq}{dt} \approx \frac{q}{t} = \frac{\hbar c}{r^2}$. Число фотонов, испущенных каждым зарядом, пропорционально величине каждого из зарядов, т. е. суммарная сила – $F \approx \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$.

Хочу подчеркнуть, что ассоциация, которая могла возникнуть у читателей в связи с приведенным цитированием, об аналогичности частиц-зарядов с электронами, а частиц-эманонов с фотонами (или другими бозонами) была бы не вполне правомерной, поскольку электроны взаимодействуют с фотонами, а для частиц-зарядов метаболического подхода декларировано отсутствие взаимодействия с эманонами. Цитирование приведено, чтобы проиллюстрировать идею обменного механизма взаимодействий.

В классической физике поле декларировано как «феноменологическая физическая реальность», существование которой приводит к обнаружению в пространстве сил, действующих на различные заряды.

Концепция поля порождает не только «обменный», но и «геометрический» механизм взаимодействий. В геометрической концепции поля пространство-время неоднородно, что может быть описано зависимостью расстояний между точками пространства-времени от координат этих точек. Если метрические соотношения зависят от распределения зарядов в пространстве, то геометрическая неоднородность становится сопряженной с распределением действия сил в пространстве-времени. Поскольку в общем случае флюэнты могут быть неравномерными по отношению к эталонам измерения времени и расстояния (см. раздел 3), то эту неравномерность можно интерпретировать как неоднородность соответствующих метаболических пространств и по аналогии с геометрическими концепциями

поля описывать физические взаимодействия. Количественные характеристики флюэнта, трансформируемые в геометрические конструкции, – это распределения плотности его метаболических параметров (см. раздел 4.3).

Существует еще одна – принятая в теории струн – «топологическая» концепция взаимодействий, согласно которой взаимодействия следует описывать через слияние и расщепление струн. Топологическая концепция взаимодействия обобщает «обменное» взаимодействие частиц в квантовой теории поля, где взаимодействия в вершинах полевых фейнмановских диаграмм аналогичны «слиянию» или «расщеплению» частиц, участвующих во взаимодействии (Green et al, 1986, раздел 1.4.1).

Подчеркну еще одно связанное с представлениями о взаимодействии следствие метаболического подхода. Наличие различных типов взаимодействий обязано (см. восьмой постулат) существованию различных типов эманонов и соответствующих флюэнтов. С существованием различных типов флюэнтов в метаболическом пространстве связана и размерность самого пространства, равная, согласно определению из раздела 4.5, количеству типов флюэнтов в пространстве. То есть размерность пространства в метаболическом подходе непосредственным образом связана с набором физических взаимодействий.

Напомню (см. раздел 4.6), что наличие нескольких экземпляров флюэнтов одного типа может быть интерпретировано как пространственная неоднородность распределения эманонов или как аналог «слияния» флюэнтов (рис. 8).

Резюмируя, отмечу, что в метаболическом подходе попытки сконструировать механизм взаимодействия могут быть предприняты на каждом из отмеченных языков описания («столкновительном», «обменном», «геометрическом» или «топологическом»).

4.8. Генерирующие флюэнты как квантовые объекты

Генерирующие флюэнты обладают свойствами, которые позволяют отнести их к квантовым, а не классическим объектам. Генерирующий флюэнт – это метаболическая волна (раздел 4.2), во многом аналогичная волне де Бройля.

Корпускулярно-волновой дуализм заложен в саму конструкцию флюэнтов: источник эманонов «точечен» (с точностью до «размеров» эманонов), а шлейф флюэнта протяжен и «волнообразен». Характеристическая функция флюэнта (раздел 4.2) или распределения плотности флюэнта (раздел 4.3) могут служить прообразами квантовомеханических вероятностных распределений. Флюэнты не локальны ни в пространстве, ни во времени. Многокомпонентные флюэнты обладают дополнительными степенями свободы – разностями фаз между пульсациями эманонов различных типов (раздел 4.4). Характеристические функции или распределения плотности таких флюэнтов также многокомпонентны, что делает их подобными, например, спинорным волновым функциям квантовой механики для частиц с ненулевым спином.

Существенно, что флюэнты – квантовые, но не «микроскопические» объекты: количественные характеристики их шлейфов отвечают скорее космологическим, чем микроскопическим масштабам во внутреннем мире (раздел 4.3). Указанное отличие флюэнтов от традиционных предметов рассмотрения квантовой механики, конечно, не единственное, и понадобится согласование многих понятий в описании Мира на метаболическом и квантовом языках (например, комплекснозначности амплитуд вероятности, выполнения принципа суперпозиции, смысла соотношения неопределенности, операторного представления физических величин, роли тождественности частиц и многого другого), чтобы подмеченная аналогия между генерирующими флюэнтами и объектами квантовой механики стала конструктивной.

Некоторые особенности квантовомеханического описания систем (например, существование принципа суперпозиции, операторный формализм) могут быть следствием «динамического характера» генерирующих флюэнтов (см. следствие 12 в разделе 2). Будем описывать состояние флюэнта какой-либо функцией от количества эманонов во флюэнте, названного мощностью флюэнта (см. раздел 4.3). «Динамическим характером» флюэнта названо абсолютное непостоянство его мощности: в каждый момент метаболического времени мощность флюэнта не такая, как в другие моменты (это свойство связано с нелокальностью генерирующих флюэнтов во времени). Поэтому, чтобы описать усред-

ненное состояние за промежуток времени $T > \tau$, где τ – период флюэнта, необходимо учитывать суперпозицию всех его элементарных состояний, входящих в интервал T . Попытка «измерения» состояния, предпринятая в промежутке T , зафиксировывает одно из элементарных состояний суперпозиции. Указанное построение следует сравнить с подходом М.Х. Шүльмана (2006), в котором элементарные состояния квантовых объектов по каким-то причинам принудительно сменяют друг друга около 10^{17} раз в секунду, что, по разъяснениям автора, объясняет и суперпозицию, и коллапс, и опыты со щелями для квантовых объектов.

Необходимость операторного описания, понимаемого как расчет физической величины путем усреднения по отдельным состояниям системы, также может быть связана с нелокальностью квантовых объектов как в метаболическом пространстве, так и в метаболическом времени.

4.9. Генерирующие флюэнты как архетип моделей в теоретическом естествознании

Согласно постулатам метаболического подхода существование генерирующих флюэнтов порождает в системах течение времени. Осмелюсь выдвинуть и обратное утверждение: время – это свойство открытых по отношению к субстанции систем, причем к субстанции, организованной в форме генерирующих флюэнтов – источников и шлейфов субстанции.

В разделе 2 и 4.1 представлены постулаты и модель для элементарного объекта (Левич, 2009а) в метаболическом подходе к описанию систем с феноменом времени. Переформулирую указанную модель с учетом некоторых рассмотренных выше конструкций (Левич, 2007г):

- 1) Существуют **источники** (или **стоки**) субстанции.
- 2) Существует **процесс** «излучения» субстанции, названный генеральным процессом (Левич, 1986; 1989).
- 3) Существуют частицы-**эманоны** – элементы субстанции.
- 4) Излученные из источника эманоны образуют **шлейф**.
- 5) Источник и шлейф образуют частицу-**заряд**, или генерирующий флюэнт.
- 6) Генеральный процесс превращает заряд в **метаболическую волну**.

7) Могут существовать различные **типы** эманонов, порождающие различные **типы** зарядов и многокомпонентные заряды.

8) Совокупность зарядов образует **систему**.

9) Совокупность шлейфов зарядов образует **метаболическое пространство** системы.

10) Замены эманонов в системе порождают **метаболическое время** системы, или **метаболическое движение** в ее метаболическом пространстве.

11) Существуют две, имеющие различный бытийный статус, формы материи – **субстанция**, состоящая из эманонов, и **субстрат**, состоящий из зарядов.

12) С каждой системой сопряжены два **мира** – **внутренний и внешний**, границей между которыми является источник (сток) заряда.

Можно предложить различные естественно-научные интерпретации указанной формальной структуры.

Физическая интерпретация

1) Источники: физические заряды.

2) Генеральный процесс: физические излучения.

3) Частицы-эманоны: переносчики взаимодействий.

4) Шлейф: аналог струн.

5) Заряд: физический заряд и его поле.

6) Метаболическая волна: волна де Бройля.

7) Типы эманонов: соответствуют типам физических взаимодействий.

8) Системы: атомные ядра, атомы, тела, звезды..., т. е. весь материальный мир.

9) Метаболическое пространство: физическое пространство.

10) Метаболическое время: физическое время; метаболическое движение: перемещения в физическом пространстве.

11) Субстанция и субстрат: поле и вещество – две формы материи.

12) Миров: внутренний мир – наша Вселенная.

Соматические биологические клетки:

1) Источники: ионные каналы в клеточной мембране.

2) Генеральный процесс: обмен веществ, или метаболизм клетки (здесь в буквальном современном смысле термина «метаболизм»).

3) Частицы-эманоны: молекулы химических веществ.

4) Шлейф: синтезированное вещество.

5) Заряд: клетка.

6) Метаболическая волна: распределение синтезированного вещества в пространстве ресурсов.

7) Типы эманонов: типы биогенных химических элементов, взаимонезаменимые ресурсы.

8) Системы: популяции одноклеточных организмов, органы, многоклеточные организмы...

9) Метаболическое пространство: пространство ресурсов.

10) Метаболическое время: физиологическое время клетки, измеряемое количеством потребляемых ресурсов.

11) Субстанция и субстрат: косное вещество и живые клетки, различный бытийный статус которых выражен в принципе Реди «*Omniū vivūm ex vivō*» (Ф. Реди «Опыты о размножении насекомых», 1668).

12) Миров: предложенное описание относится к внешнему миру клетки – окружающей их среде – умweltу (Uexkuell, 1909). Внутренний мир клетки, возможно, также может быть описан на языке метаболического подхода. Роль шлейфов во внутреннем мире могут играть биологические макромолекулы.

Нервные клетки

1) Источники: генераторы нервных импульсов в клетках рецепторов и приемники импульсов в клетках мозга.

2) Генеральный процесс: продуцирование, проведение и прием потенциалов действия.

3) Частицы-эманоны: модулированные по частоте и амплитуде биоэлектрические импульсы как квазичастицы.

4) Шлейф: серии потенциалов действия.

5) Заряд: нервные клетки.

6) Метаболическая волна: распространение электрического импульса.

7) Типы эманонов: типы импульсов, соответствующие различным рецепторам.

8) Системы: нервная система организма, мозг, нейронные сети.

9) Метаболическое пространство: электрическое поле организма.

10) Метаболическое время: по мнению С.В. Дзюбы (2005; 2006а, б), потоки потенциалов действия от рецептор-

ных клеток к клеткам мозга задают течение психологического времени организма.

11) Субстанция и субстрат: различие между электрическими импульсами и клетками достаточно очевидно.

12) Миры: клеточные мембраны явным образом отделяют внутренний мир клетки как от окружающей субстратной, так и электромагнитной среды.

Популяция

1) Источники: организмы как источники (рождение особей) и как стоки (хищники и редуценты).

2) Генеральный процесс: размножение и смертность.

3) Частицы-эманоны: поколения потомков.

4) Шлейф: последовательность поколений.

5) Заряд: популяция.

6) Метаболическая волна: последовательность поколений.

7) Типы эманонов: генетические линии.

8) Системы: сообщества популяций.

9) Метаболическое пространство: объединение последовательностей поколений потомков всех родительских организмов.

10) Метаболическое время: популяционное время, измеряемое количеством сменившихся поколений (Абакумов, 1969; Алексеев, 1975; Свирежев, Пасеков, 1982).

11) Субстанция и субстрат: совокупность особей и экологическое сообщество.

12) Миры: для внутреннего мира популяции одна из главных системообразующих характеристик – продолжение рода, для внешнего – трофические связи.

Подобные описания, по-видимому, можно составить и для экологических сообществ, генеральный процесс для которых есть явление сукцессии, и для всей биосферы с ее генеральным процессом – биологической эволюцией. В более ранних моих работах (Левич, 1996б) обсуждены многие свойства метаболического времени для биологических систем: неравномерность хода, иерархичность, «системоспецифичность», собственный возраст, «толщина настоящего» и др. На предложенном языке нетрудно описать экономические системы, «эманонами» в которых будут единицы всевозможных ресурсов – энергии, материалов, финансов, работников...

Ценность предложенных, во многом спекулятивных аналогий состоит, по-моему, в возможности переноса идей как при изучении удаленных друг от друга областей естествознания, так и, возможно, при применении естественно-научных аспектов в науках гуманитарного цикла: в теории этногенеза (например, в концепции «пассионарной энергии» Л.Н. Гумилева (1989)); в истории (например, в гипотезе А.В. Гордона (2004) о «пульсарном историческом времени»); в изучении сознания (например, в гипотезе В.В. Налимова (1989) о специфических полевых носителях сознания).

Безусловно, остается открытым вопрос и о достаточности или недостаточности молекулярных потоков для отличий живого от неживого (Левич, 1996б). Нужны ли для описания живого какие-либо иные флюэнты, кроме молекулярных? И эти иные – существуют и в физике или специфичны для феноменов жизни и сознания?

4.10. Время как ресурс

Интерпретации метаболических систем как систем надмолекулярных позволяют взглянуть на метаболическое время как на ресурс. Точнее, ресурсами являются субстанции, состоящие из частиц-эманонов.

Для выбора путей вывода уравнений метаболического движения может оказаться полезным опыт вариационного моделирования в экологии сообществ (Левич и соавт., 1994; 1997; Levich, 2000; Левич, 2004б; Fursova, Levich, 2007). В экологической модели рассмотрен генерирующий флюэнт – сообщество популяций одноклеточных организмов, потребляющих несколько взаимонезаменимых метаболических ресурсов. Физическое приложение вариационного моделирования анонсировано в работе автора о субстанциональных свойствах пространства-времени (Levich, 1995).

Рассмотрим переложение экологической интерпретации объектов метаболического подхода на язык формальной модели:

- Заданы типы $k \in K (K = \{1, 2, \dots, v\})$ генерирующих флюэнтов и соответствующих эманонов-ресурсов.
- Задан тип $k = 1$ времяобразующего флюэнта.
- Задана совокупность S систем s_i вида $i \in I (I = \{1, 2, \dots, w\})$.
- Пусть за время $\Delta m^1 = 1$ для всех систем из S доступны количества Δm^k ресурсов типа k .

• Пусть за интервал метаболического времени Δq_i^1 каждый заряд системы вида i «пропускает» количество Δq_i^k ресурса типа k . Назову величины Δq_i^k *пропускной способностью* зарядов из системы вида i для ресурса типа $k \neq 1$.

Согласно закону сохранения ресурсов, запишу балансовые соотношения между количествами потребленных и доступных ресурсов:

$$\sum_{i=1} n_i \Delta q_i^k \leq \Delta m^k, k \in K,$$

где n_i – количество зарядов в системе вида i .

В зависимости от соотношения запасов (во внешнем мире) ресурсов Δm^k и способностей зарядов их ассимилировать Δq_i^k какие-то из этих нестрогих неравенств обратятся в строгие равенства, т. е. соответствующие ресурсы «потребятся» полностью, а остальные нестрогие неравенства обратятся в строгие. Назову полностью потребляемые ресурсы лимитирующими.

Для отбора решений указанной системы балансовых неравенств предложен и обоснован энтропийный экстремальный принцип (Левич, 1978, 1982, 1996б; 2009б):

$$H(n_1, n_2, \dots, n_w) = -n \sum_{i=1}^w \frac{n_i}{n} \log \frac{n_i}{n} \rightarrow \max$$

(здесь $n = \sum_{i=1}^w n_i$).

Экстремальный принцип порождает вариационную задачу на условный экстремум с ограничениями в виде неравенств:

$$\left\{ \begin{array}{l} H \rightarrow \max, \\ \sum_{i=1}^w n_i \Delta q_i^k \leq \Delta m^k, k \in K, \\ \sum_{i=1}^w n_i = 1, \\ n_i \geq 0, i \in I. \end{array} \right. \quad (1)$$

Решение этой задачи существует, единственно и задано «формулой видовой структуры» (Левич, 1980; Левич 1982; Левич и соавт., 1994):

$$n_i(\Delta m^j) = n(\Delta m^j) \exp \left\{ - \sum_{j \in J} \lambda^j \Delta q_i^j \right\}.$$

Здесь J – подмножество лимитирующих ресурсов множества K всех заданных ресурсов, а λ^j – множители Лагранжа исходной вариационной задачи, отыскиваемые вместе с n из системы алгебраических уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in I} \exp \left\{ - \sum_{k \in K} \lambda^k \Delta q_i^k \right\} = 1, \\ \lambda^k \left(n \sum_{i \in I} \Delta q_i^k \exp \left\{ - \sum_{k \in K} \lambda^k \Delta q_i^k \right\} - \Delta m^k \right) = 0, k \in K, \\ \lambda^k \geq 0, k \in K. \end{array} \right.$$

(Некоторые множители λ^k – для нелимитирующих ресурсов – в результате решения окажутся равными нулю.)

Если распределения запасов Δm^k , $k \in K$ и численностей зарядов n_i , $i \in I$ заданы, то формула видовой структуры позволяет оценить пропускные способности Δq_i^k .

Выполняется теорема стратификации (Левич и соавт., 1994): пространство ресурсов $\prod_{k=1}^v \Delta m^k$ распадается (стратифицируется) на $2^v - 1$ областей, каждая из которых соответствует одному из подмножеств J множества ресурсов K . В области, соответствующей подмножеству J , лимитирующими оказываются все ресурсы типа $j \in J$. (Замечу, что если при физической интерпретации модели (Levich, 1995) типы эманов-ресурсов соответствуют типам физических взаимодействий, то теорема стратификации позволяет рассчитать «радиусы действия» различных типов взаимодействий.)

Выполняется теорема о максимуме обилий (Левич и соавт., 1993; Левич, Алексеев, 1997; Alexeyev, Levich 1997): относительная численность n_i/n системы вида i принимает наибольшее возможное свое значение при отношении количеств ресурсов $\Delta m^k/\Delta m^l$, равном отношению $\Delta q_i^k/\Delta q_i^l$ пропускных способностей зарядов вида i в соответствующих ресурсах. Эта теорема указывает путь управления «видовой» структурой сообществ, или, другими словами, способ регулировать численности классов сообщества, изменяя отношения потоков лимитирующих ресурсов.

Установлена связь между приведенной выше функцией структурной энтропии H и величинами лимитирующих метаболических времен Δm^j , $j \in J$ (Левич и соавт., 1994):

$$H = \sum_{j \in J} \lambda(\Delta m^j) \Delta m^j.$$

Полученное соотношение можно интерпретировать как способ сведения многомерного метаболического времени $\{\Delta m^j, j \in J\}$ к единственному энтропийному времени системы. Другими словами, можно сказать, что структурная энтропия H есть «усреднитель» метаболических времен $\Delta m^j, j \in J$, и множители Лагранжа λ^j соответствующей вариационной задачи (1) являются коэффициентами такого «усреднения».

Выполняется «теорема Больцмана» (Левич, Фурсова, 2002): $\frac{\partial H(\Delta m^j)}{\partial \Delta m^j} \geq 0, j \in J$, т. е. структурная энтропия H монотонно растет с течением каждого из ее метаболических времен Δm^j (Имя теоремы обязано аналогии с H -теоремой Больцмана для физического времени (Boltzman, 1872).)

Выполняется «теорема Гиббса» (Левич, Фурсова, 2002): вариационная задача (1) равносильна каждой из $l \in K$ задач:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^w n_i \Delta q_i^l \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^w n_i \Delta q_i^k \leq \Delta m^k, k \in K, k \neq l, \\ H \geq H_0, \\ \sum n_i = n, \\ n_i \geq 0, i \in I. \end{array} \right.$$

Здесь H_0 – минимально допустимая для системы «степень структурированности», рассчитанная через ее структурную энтропию. Другими словами, в той же степени, в какой справедлив принцип максимума структурной энтропии, приемлем и принцип минимума «потребления» лимитирующих ресурсов, или «метаболического времени» систем. Эта теорема аналогична теореме Гиббса (Gibbs, 1902) о равносильности требования максимума энтропии газа при заданной энергии требованию минимума энергии газа при заданной величине его энтропии. Другие возможные физические аналоги метаболической интерпретации теоремы Гиббса – принцип минимального времени П. Ферма и принцип наименьшего действия.

4.11. Об уравнениях движения

Напомню, что одна из целей метаболического подхода – научиться выводить, а не угадывать уравнения движения частиц и тел. Нынешний уровень развития разработки, конечно, весьма далек от реализации поставленной цели. Перечислю некоторые направления мысли, которые могут оказаться полезными в предстоящем поиске.

Существуют «гидродинамические» подходы к выводу уравнения Шредингера (см., например, Nelson, 1966).

Традиционный для квантовой механики путь предлагает установить, например, на основе гипотезы де Бройля соотношение между импульсом и энергией частицы и, заменив переменные импульса и энергии операторами, постулировать волновое уравнение (Белокуров и соавт., 2000).

Отождествление квантовой амплитуды частицы с волной де Бройля позволяет потребовать для нее в качестве фундаментального уравнения свободного движения волновое уравнение и затем пытаться обобщить его для взаимодействующих частиц.

Можно попытаться сконструировать динамические переменные на «метаболическом» языке замены частиц в системах (Левич, 19966). Постулировано, что изменение импульса системы есть $\Delta p = \Delta m^+ - \Delta m^-$, где Δm^+ и Δm^- – количества соответственно входящих в систему и выходящих из системы моментов эталона измерения времени, и функция Лагранжа системы есть $\Delta L = \Delta l^+ - \Delta l^-$, здесь Δl^+ и Δl^- – аналогичные количества точек эталона измерения расстояний. С учетом того, что координаты времени и перемещения системы есть $\Delta t = \Delta m^+ + \Delta m^-$ и $\Delta x = \Delta l^+ + \Delta l^-$ (см. восьмое следствие и разделы 4.6), получено необратимое уравнение динамики метаболического движения:

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

где коэффициенты a и b зависят от соотношения между величинами $\Delta m^+, \Delta m^-, \Delta l^+$ и Δl^- . При определенных соотношениях между этими величинами указанное уравнение переходит в обратимое уравнение динамики Ньютона $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta L}{\Delta x}$.

Путь, альтернативный выводу уравнений движения, – обоснование экстремального принципа, для которого искомое уравнение будет уравнением Эйлера–Лагранжа соответствующей

принципу вариационной задачи. Пример реализации указанной идеи продемонстрирован для субституционного движения в надорганизменных системах (Левич, 1978; 1980; 1982; 2004б; 1996б; Levich, 2000) и кратко описан в предыдущем разделе.

5. Резюме по физическим, методологическим и философским аспектам метаболического подхода

5.1. Генерирующие флюэнты как модель частиц, времени и пространства в физике

Заряды. Генерирующий флюэнт состоит из *источника* Q *частиц-эманонов* и *шлейфа* f этих частиц, излученных источником от акта зарождения по настоящий момент (здесь и далее курсивом выделены термины, определенные в предыдущих разделах). Генерирующие флюэнты моделируют *частицы-заряды*.

Заряды участвуют в физических взаимодействиях, эманоны реализуют механизм взаимодействий.

Существуют различные типы эманонов и вместе с ними – зарядов. Каждому типу физического взаимодействия соответствует свой тип эманонов и зарядов. Существуют многокомпонентные заряды – флюэнты, источники которых излучают эманоны нескольких типов.

Заряды не точечны, а протяженны и *нелокальны* как в пространстве, так и во времени. Характеристики их существования (имеется в виду *характеристическая функция* флюэнта или его *распределение плотности*) «волнообразно» изменяются в пространстве и времени, как продемонстрировано в разделе о представлении флюэнта метаболической волной.

Нормированные распределения плотности могут иметь вероятностную интерпретацию и подобны волнам де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм заложен в самой конструкции флюэнта-заряда.

Многокомпонентные заряды-флюэнты обладают дополнительными степенями свободы – *разностями фаз между пульсациями* эманонов различных типов. Характеристи-

ческие функции и распределения плотности таких флюэнтов также многокомпонентны, что делает их подобными волновым функциям частиц со спином.

В качестве механизмов взаимодействия зарядов могут быть рассмотрены гидродинамические, обменные, геометрические и топологические модели.

Каждый заряд обладает хронометрическими и пространствометрическими свойствами и может служить *часами* или *линейкой*, если соответствующий флюэнт выбран в качестве *эталона*.

В наличии протяженности и колебательной степени свободы заряды аналогичны элементарным объектам теории струн, однако заряды имеют не микроскопическую, а скорее космологическую протяженность; существуют не в изначально заданном пространстве-времени, а порождают его; в отличие от струн не бесструктурны, а «состоят» из элементов субстанции.

Время. Генерирующие флюэнты представляют собой природные референты *течения метаболического времени*. *Моменты* такого времени *дискретны* и *линейно упорядочены*. Течение метаболического времени может быть *равномерным* и *неравномерным* относительно флюэнтов-эталонов. Выбор эталонного флюэнта также предопределяет *процедурную различимость событий* и существование *вневременных событий* («скрытого» времени).

Измерение времени через подсчет количества эманонов-событий эталона, замененных в системе, названо *метаболическими часами*, а подсчет количества эманонов-точек эталона – *метаболической линейкой*.

Время, порождаемое генерирующими флюэнтами, оказывается обратимым или необратимым в том же смысле и в той же степени, в каких обратимы или необратимы истечения эманонов из источников. Обращение времени, понимаемое как обращение истечений, превращает источники в стоки и наоборот, т. е. влечет изменение «*знака*» заряда-флюэнта. Сдвиг фаз при обращении одной из компонент многокомпонентного флюэнта меняет свой знак. Расстояния в пространстве сохраняют величину при обращении метаболического времени.

Для систем, состоящих из нескольких зарядов одного типа, возникает вопрос о согласовании времен, порождает

мых различными флюэнтами. Один из подходов к согласованию – гипотеза о синхронности излучений эманонов всеми источниками одного типа. В этом случае метаболическое время нескольких однотипных флюэнтов становится не «флюэнтоспецифическим» (но остается «типоспецифическим»).

При наличии флюэнтов нескольких типов необходимо соглашение о свойствах порождаемых ими времен. Один из вариантов соглашения – выбрать некоторый тип флюэнтов «главным», а соответствующий флюэнт – «*времяобразующим*» и оперировать с метаболическим временем этого флюэнта как с единственным временем системы. Другой вариант – считать метаболическое время многомерной величиной. Функторный метод сравнения многокомпонентных структур позволяет ввести единственный «усреднитель» – компонентов многомерного времени, для которого есть основания назвать его *энтропийным временем системы*.

Пространство. *Метаболическим пространством* системы названо объединение шлейфов флюэнтов-зарядов, образующих систему. Такое пространство *субстанционально* и *дискретно*. Его *размерность* полагается равной числу типов образующих его эманонов. Если корреспондировать частицы-эманоны с переносчиками-взаимодействий, то метаболическое пространство следует отождествить с соответствующим полем.

Если, например, источники в какой-либо системе преобладают над стоками, то излучаемая субстанция будет накапливаться. Про эффект накопления можно говорить как про *расширение пространства*. Если радиусы и возрасты флюэнтов, входящих в систему, конечны, то пространство системы оказывается *ограниченным*.

Движение системы в пространстве можно определить как замену в ней эманонов. Движение происходит не путем «раздвигания» элементов субстанции, а путем их замены в системе: «вхождений» в систему одних *точек* пространства и «выхода» других. То есть движение зарядов в пространстве носит не «столкновительный» с частицами-эманонами, а «обменный» характер. Эманоны не являются неподвижными относительно своих источников, а находятся в постоянном пульсирующем движении. Для эталонных флюэнтов *скорость* этого *распространения* постоянна.

Эманоны одного типа в системе из нескольких однотипных зарядов находятся в «одном измерении» пространства. Поэтому *распределение плотности эманонов* в пространстве зависит от количества и взаимного расположения зарядов.

5.2. Место метаболического подхода в парадигме современного естествознания

Современная научная парадигма включает ряд познавательных установок, непосредственно относящихся к представлениям о времени. Отмечу некоторые из них:

- Изучением времени занимается философия, а не естествознание.
- Время в науке – исходное и неопределяемое понятие.
- Фундаментальные уравнения движения в естествознании – постулаты, носящие имена своих создателей.
- Правильное занятие, например, физикой – хорошо решать фундаментальные уравнения и корректно применять полученные решения.
- Для измерения времени достаточны часы, основанные на гравитационных или электромагнитных процессах.
- Время идеализированных процессов, описываемых фундаментальными уравнениями физики, обратимо, тогда как в реальных процессах всегда присутствует «стрела» времени.
- Стрела времени посредством Второго начала термодинамики связана с ростом энтропии изолированных систем.
- Наша Вселенная – изолированная система, и Второй закон ведет к ее однородному и равновесному состоянию.
- В концептуальном арсенале науки нет места субстанциям типа флогистона, светоносного эфира, энтелехии и т. п.

Метаболический подход в определенной степени размыкает эти верования и смещает акценты в сторону изменения существующей парадигмы (Левич, 2004в).

В рамках метаболического подхода можно говорить о *природных референтах понятия времени*. Феномен времени может быть полноправным объектом естествознания. Природные референты времени имеют структуру и могут быть предметом моделирования.

На место исходного и неопределяемого элементарного объекта в понятийном базисе естествознания, заменяющего в нем представления о времени, метаболический подход

предлагает понятие *генерирующего флюэнта*. В этом понятии слиты воедино представления о времени и движении как о процессе замены эманов субстанции в системах и о частицах вещества как об источниках и стоках субстанциональных истечений. В формальном плане флюэнты как совокупности своих элементов не являются множествами, что, по-видимому, требует применения при моделировании более широкого набора, чем в канторовской теории множеств, аксиом из оснований математики.

Среди этапов построения динамических теорий методология естествознания (Акчурин, 1974; Левич, 1996а; 2009а) выделяет обязательные этапы конструирования: 1) элементарных объектов теории; 2) форм изменчивости этих объектов (пространства их состояний) и 3) способов измерения изменчивости (часов). Причем эти этапы строго предшествуют этапу постулирования фундаментальных уравнений изменчивости (движения) объектов теории. При этом оказывается, что сами уравнения движения есть описание изменчивости моделируемого объекта с помощью некоторой эталонной изменчивости. Вследствие этого выбор часов оказывается существенным при угадывании или выводе уравнений, поскольку *эталонные процессы*, с помощью которых измеряется изменчивость, могут иметь различную природу. Различные часы могут оказаться несогласованными, а получаемые с их помощью описания законов изменчивости – не сводимыми друг к другу посредством простых преобразований.

Этапы, предваряющие формулировку уравнений теории, занимают умы небольшого числа исследователей в ограниченные периоды истории науки. Этапы же решения и анализа фундаментальных уравнений становятся возможными после создания уравнений и, действительно, составляют основное содержание работы в теоретическом и прикладном естествознании. Метаболический подход относится к первой – редкой в работе естествоиспытателей – группе этапов познания. Тщательная проработка этих этапов может привести к замене метода угадывания методом вывода на этапе создания фундаментальных уравнений. Необратимость времени в метаболическом подходе заложена в самой конструкции элементарных объектов теории – генерирующих флюэнтов. Поэтому и описывающие

движение флюэнтов-зарядов уравнения будут, по-видимому, уравнениями необратимыми. Также можно предположить, что динамика объектов метаболического подхода должна быть нелинейной, поскольку эти объекты содержат распределенные сингулярности-источники.

Все объекты, описываемые метаболическим подходом, есть открытые системы. В частности, оказывается открытой и наша Вселенная. Второе начало термодинамики в своей традиционной формулировке оказывается неприменимым ни ко Вселенной, ни к отдельным ее частям, что избавляет Вселенную от жупела «тепловой смерти». Эволюция открытой Вселенной может сопровождаться самоорганизацией, ростом неоднородности и сложности.

Метаболический подход явно вводит понятие *субстанции*, связывая ее с представлениями о частицах-переносчиках взаимодействия, о поле и о *пространстве-среде*.

Трудности «эфирно-субстратных» подходов оказываются снятыми благодаря представлению о *метаболическом движении* в среде-субстанции: замене «столкновительного» характера движения на «обменный».

История естествознания демонстрирует закономерную смену субстанциональных объяснений реляционными и закономерное сокращение концептуальных сущностей. На смену представлениям о флогистоне пришла молекулярно-кинетическая теория вещества, превратив тепло из субстанции в реляцию. Представления об упругом световом эфире были заменены понятием электромагнитного поля. В поисках «сущности жизни» предпочтения отдаются не энтелехии Аристотеля, а достижениям молекулярной биологии. Но если пример отказа от флогистона полностью убедителен, то отказ от эфира потребовал введения иных сущностей: бозонной формы материи как переносчика взаимодействий и концепции физического и космического вакуума. А в том, что касается природы живого, молекулярная биология пока не достигла достаточных глубин объяснения (как, впрочем, отсутствуют и теории, вскрывающие природу «жизненной силы» – энтелехии). Так что выбор между реляционными и субстанциональными подходами, в частности, может определяться выбором веры в необходимость или в преждевременность введения в понятийный аппарат новых онтологических сущностей.

Разработка субстанциональных подходов в силу экспериментальной неидентифицированности декларируемых в них субстанций встречается со многими эпистемологическими трудностями – отсутствием общепринятых образов, адекватного языка описания, эмпирических реперов, понятийного аппарата. Субстанциональные подходы, как правило, весьма радикальны. Сдержанно настроенному исследователю можно предложить рассматривать субстанциональные гипотезы лишь как удобный прием описания исследуемых феноменов. То есть, если угодно, перевести представления о субстанциях и потоках из области онтологии в арсенал гносеологических подходов.

Можно выделить два пути социализации субстанциональных идей. Наиболее прямой из них – операциональное предъявление, т. е. воспроизводимое измерение каких-либо характеристик субстанциональных потоков, отличных от основного их проявления – течения нашего времени. На этом пути мы находимся, используя аналогию из истории открытия электричества, скорее в положении «лягушачьего танцмейстера» Гальвани, чем на месте обладателей дошедшей и до наших дней рамки Фарадея. Следует учесть также, что по принятому здесь определению субстанция, порождая взаимодействие частиц, тем не менее не взаимодействует с ними. И, по-видимому, не следует сетовать на непроработанность субстанциональных гипотез: экспериментальное обнаружение объектов глубинных уровней строения материи зависит не только от интеллектуальных усилий теоретиков, но в огромной степени, по выражению С. Лема, от достигнутой цивилизацией «суммы технологий». Яркие примеры справедливости этого утверждения – дистанция в тысячи лет между атомной гипотезой Демокрита и экспериментами по диффузии атомов и другими опытными подтверждениями атомарного строения вещества или дистанция в добрую сотню лет между декларируемыми Менделеем частицами наследственности и проведенным Уотсоном и Криком рентгено-структурным анализом строения дезоксирибонуклеиновой кислоты. Другой путь – путь теоретика естествознания – все-таки «измышлять гипотезы»: опираясь на введенные новые сущности, проводить последовательное теоретическое построение непротиворечивой картины Мира, объяснять известные эффекты и форму-

лировать в экспериментально достижимых областях предсказания новых эффектов.

Субстанциональное время (потоки *эманов*) в метаболическом подходе можно описывать на языке ресурсодинамики в терминах: конкуренции за время-ресурсы, лимитирующих типов ресурсов и областей лимитирования в пространстве ресурсов, управления системами с помощью потоков ресурсов и применения экстремальных принципов в описании расходования ресурсов (Левич, 2009б; см. также раздел 4.10).

Метаболический подход к измерению времени, состоящий в подсчете количества элементов в системах, в приложении к описывающим системы математическим структурам, требует обобщения представлений о количестве элементов в множествах на множества со структурой. Требуемое обобщение обеспечивает функторный метод сравнения структур (Левич, 1978; 1982; 1996б; 2000; 2009б). Функторные инварианты, сравнивающие структурированные множества, оказываются обобщениями больцмановской энтропии и порождают энтропийную параметризацию времени.

В рамках идеологии экстремальных принципов описание времени системы несколькими субстанциональными потоками оказывается эквивалентным энтропийной параметризации времени, при которой структурная энтропия системы выступает «усреднителем» метаболических времен различных типов (Левич, 1982; 1996б; 2004а; 2009б). Тем самым становится конструктивной часто декларируемая связь между временем и энтропией систем.

Фундаментальный экстремальный принцип, определяющий закон изменчивости систем, может быть равносильным образом сформулирован и как принцип минимального метаболического времени (минимального потребления лимитирующих «движение» ресурсов), и как принцип максимальной структурной энтропии (Левич, Фурсова, 2002; Левич, 2009б). Напомню, что в случае открытых систем рост энтропии не обязан сопровождаться увеличением однородности систем.

Парадигма нынешнего естествознания включает несколько познавательных установок, явно апеллирующих и к математическому знанию. Перечислю некоторые из них:

- Математические объекты, применяемые для моделирования природных феноменов, являются множествами.

- Сравнение множеств по количеству элементов в них (или по мощности) для структурированных множеств не имеет смысла, поскольку соответствующее упорядочение «структурных чисел» (Левич, 1982) не оказывается линейным, к какому мы привыкли для чисел кардинальных.

- Значения измеряемых характеристик природных феноменов являются действительными числами. «Бесконечно большие» или «бесконечно малые» значения не «онтологичны» и возникают в математических моделях только в результате предельных переходов.

- Метрики и нормы геометрических и функциональных пространств, как правило, квадратичны.

- Физические величины в макромире необходимо описывать числами, функциями или функционалами, а в микромире – операторами.

- Для описания колебательных процессов, псевдоевклидовости метрик, квантовых амплитуд и операторов удобны комплексные числа.

Принимать ли подобные верования, часто приходится решать теоретику естествознания при необходимости перекраивания естественно-научной картины Мира (например, при моделировании феномена времени (Левич, 2007а,б)). Подобные попытки в определенной степени размыывают парадигмальные установки. Но вопросы о том, насколько обязательны общепринятые взгляды, остаются. Какие свойства применяемого в естествознании математического аппарата продиктованы устройством мира и обязательны, а какие просто привнесены вместе с используемой формальной аксиоматикой и могут быть отброшены?

В естествознании нередко объекты, которые не являются множествами в рамках строгой аксиоматики. Их примеры: популяции организмов в биосфере, словари естественных языков, мыслеобразы в человеческом сознании, природные референты времени – генерирующие флюэнты. Для указанных и подобных им совокупностей (строго говоря – это все неидеальные объекты Мира) не выполняется аксиома экстенциональности, требующая тождественности множества самому себе. Формально проблема решается введением отображений, расслоений и т. п. конструкций, в которых, помимо рассматриваемой совокупности, фигурирует некое априорное базовое абстрактное множество,

играющее роль «оси времени». При моделировании, например, самого времени такие априорные конструкции неприемлемы, поэтому приходится задумываться о введении особых «динамических множеств».

Для сравнения структурированных множеств оказывается необходимым дальнейшее обобщение понятия «количество элементов». Это обобщение задается функторным методом сравнения структур (Левич, 1982), согласно которому «правильное» сравнение структурированных множеств состоит в сравнении количеств преобразований, не нарушающих заданную на множествах структуру, а не в сравнении мощностей базовых для структуры множеств (Левич, 2007в). Указанное количество преобразований обобщает больцмановское определение энтропии (Левич, 2001).

Неархимедовы обобщения действительных чисел находят применение не только в математической физике (Владимиров и соавт., 1994; Dragovich, 1994; Паршин, 2005), но могут позволить конструктивно описывать отличия объектов природных иерархий и даже объектов с различным бытийным статусом, например живых клеток и косной материи, вещества и поля (см. раздел 4.9).

В финслеровой геометрии и в ее приложениях к описанию физического пространства-времени существуют подходы, где метрика пространства может иметь третью или четвертую степень (Павлов, 2004), но в большинстве работ метрики и нормы по традиции принимают квадратичными без каких-либо обоснований и обсуждений. Я уверен, тем не менее, что публикации, где указанная проблема поставлена, существуют, и буду благодарен читателям, которые укажут мне ссылки на такие работы.

Происхождение операторного формализма в квантовой механике скорее всего связано с корпускулярно-волновым дуализмом. Поскольку функция состояния частицы-волны не определена ни в какой единственной точке пространства, то для расчета значений физической величины необходимо усреднение по всем точкам, т. е. необходима некоторая дополнительная операция (см. разделы 4.2 и 4.3).

Для формального описания многокомпонентных величин в естествознании используют векторы, комплексные числа, кватернионы... Для меня составляет проблему обоснование применения подобных имеющих богатую математическую

аксиоматику конструкций для описания многокомпонентных величин. Например, рассматривая величины как векторы, мы приписываем им свойства покомпонентного сложения и умножения на общее для всех компонент число. Отождествляя совокупность двухкомпонентных величин с полем комплексных чисел, мы, кроме операции покомпонентного сложения, считаем присущей нашим парам компонент-специфическую операцию перемножения. Вопрос, который далеко не всегда обсуждают при подобных отождествлениях: навязана ли математическая аксиоматика исходным объектам, имеющим естественно-научное происхождение, или в полном объеме продиктована их исходными нематематическими свойствами?

5.3. Мировоззренческие аспекты метаболического подхода

В метаболическом подходе присутствует разделение бытия на два мира. «Внутренний мир» – тот, куда поступают через источники или откуда уходят через стоки элементы субстанции, и «внешний мир» – тот, откуда поступает субстанция или куда она уходит. Границами этих миров служат источники (стоки) всех зарядов. Эти миры оказываются открытыми по отношению к потокам субстанции.

Метаболический подход оперирует двумя формами материи. Первая из них – это субстанция (частицы-эманоны, шлейфы флюэнтов). Вторая – «субстрат», «вещество», «весомая» материя (флюэнты, или частицы-заряды, т. е. источники-сингулярности субстанции со шлейфами «излученных» эманонов). Частицы-эманоны бесструктурны и в этом смысле точечны, а частицы-заряды протяженны (и не обязательно микроскопически протяженны), но обязательно нелокальны как в пространстве, так и во времени, т. е. (Шульман, 2004) их состояния не могут быть определены в одной точке пространства-времени.

Время – это свойство открытых систем и только их. Другими словами, любая открытая система порождает существование времени, и любая «система со временем» открыта и обладает своим генерирующим флюэнтом (генеральным процессом). Время внутреннего мира – следствие существования в нем генерирующих флюэнтов. Это время

имеет пульсационный (но не обязательно периодический) характер. Оно дискретно, представления о нем созвучны воззрениям о «мерцательности» бытия – череде существований и несуществований Мира.

Время есть и реляция, и субстанция, а именно, время – это определенным образом структурированные (что есть реляция) потоки частиц-эманонов (т. е. субстанции). В метаболической конструкции времени реляционные свойства составляют не оппозицию, а дополнение к субстанциональным свойствам (Левич, 1998).

Метаболический подход реализует скорее динамическую, нежели статическую концепцию (Молчанов, 1977) времени и в большей степени соответствует реалогической (*rhein* (греч.) – течь потоком), нежели хронологической (Douglas, 2007; 2005) концепции. Метаболический подход вводит в темпоральный Мир как становление, так и порядок, т. е. включает в себя как серию «прошлое-настоящее-будущее», так и серию «раньше-позже» (McTaggart, 1908).

Метаболическое время порождается зарядами (или, если угодно, порождает заряды). Метаболическая модель зарядов может иметь не только физические интерпретации, но и позволяет рассматривать живые организмы как своеобразные заряды – источники или стоки специфических для живого генерирующих флюэнтов.

Представление о становлении, или течении времени возникает в конструкте генерирующего флюэнта: появление эманонов из источников представляет собой элементарный акт становления.

ЛИТЕРАТУРА

- Абакумов В.А. Длина и частота поколений // Тр. ВНИРО. 1969. Т. 67. С. 334–356.
- Акчури И.А. Единство естественно-научного знания. М.: Наука, 1974. 208 с.
- Алексеев В.П. Вектор времени в таксономическом континууме // Вопр. антропологии. 1975. Вып. 49. С. 65–77.
- Аристотель. Сочинения в 4 т. Т. 3. Физика. М.: Наука, 1981. 613 с.
- Аркадьев М.А. Нужно ли и как изучать время? // http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/arkadyev_zametki.htm, 1987.

Арнольд В.И. Трехсотлетие математического естествознания и небесной механики // Природа. 1987. № 8. С. 5–16.

Архангельская И.В., Розенталь И.Л., Чернин А.Д. Космология и физический вакуум. М.: КомКнига, 2006. 216 с.

Балацкий Е.В. Понятие времени в экономической науке // Вестник Российской академии наук. 2005. Т. 75. № 3. С. 224–232.

Белокуров В.В., Тимофеевская О.Д., Хрусталева О.А. Квантовая телепортация – обыкновенное чудо. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 172 с.

Бердинских В.В. Физика глазами гидравлика // <http://re-tech.narod.ru/fizique/teor/h-ph.htm>, 1999.

Бриль В.Я. Кинетическая теория гравитации и основы единой теории материи. СПб.: Наука, 1995. 436 с.

Владимиров В.С., Волович И.В., Зеленов Е.И. Р-адический анализ и математическая физика. М.: Физматлит, 1994.

Гордон А.В. Великая французская революция как великое историческое событие // Диалог со временем. Вып. 11. М., 2004. С. 120–121.

Гришаев А.А. Масса как мера собственной энергии квантовых осцилляторов // <http://newfiz.narod.ru/massa.html>, 2000.

Гришаев А.А. Разноименные электрические заряды как противофазные пульсации // <http://newfiz.narod.ru/charge.html>, 2002.

Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера земли. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 528 с.

Дзюба С.В. Восприятие течения времени: философские и психологические аспекты // Вестник РФО. 2006. № 4. С. 114–118.

Дзюба С.В. Концепция происхождения идеи времени Джона Локка: философские и психологические аспекты // Вестник Амурского государственного университета. Вып. 28. 2005. С. 3–8.

Дзюба С.В. Онтология В-теории времени и гипотеза о психофизиологической природе течения времени // http://www.chronos.msu.ru/rreports/dzuba_ontologia.htm, 2006а.

Каминский А.В. Скрытое пространство-время в физике // Квантовая магия. 2005. Т. 2. Вып. 1. С. 1101–1125. (<http://quantmagic.narod.ru/volumes/vol212005/p1101.html>)

Каминский А.В. Анатомия квантовой суперпозиции // Квантовая магия. 2006. Т. 3. Вып. 1. С. 1130–1142. (<http://quantmagic.narod.ru/volumes/vol312006/p1130.html>)

Козырев Н.А. Избранные произведения. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 448 с.

Куракин П.В., Малинецкий Г.Г. Концепция скрытого времени и квантовая электродинамика // Квантовая магия. 2004. Т. 1. Вып. 2.

С. 2101–2109. (<http://quantmagic.narod.ru/volumes/vol122004/p2101.html>)

Левич А.П. Информация как структура систем // Семиотика и информатика. 1978. № 10. С. 116–132.

Левич А.П. Структура экологических сообществ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 180 с.

Левич А.П. Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 190 с.

Левич А.П. Тезисы о времени естественных систем // Экологический прогноз. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. С. 163–190.

Левич А.П. Метаболическое время естественных систем // Системные исследования. Ежегодник 1988. М.: Наука, 1989. С. 304–325.

Левич А.П. Мотивы и задачи изучения времени // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. Часть 1. Междисциплинарное исследование. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1996а. С. 9–27. (Перевод: *Levich A.P. Motivations and problems of studying time // On the Way to Understanding the Time Phenomenon: the Constructions of Time in Natural Science. Part 1. Interdisciplinary Time Studies. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1995. P. 1–16.*)

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, 1996б. С. 233–288. (Перевод: *Levich A.P. Time as 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. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1995. P. 149–192.*)

Левич А.П. Время – субстанция или реляция?.. Отказ от противопоставления концепций // Философские исследования. 1998. № 1. С. 6–23.

Левич А.П. Энтропия как мера структурированности сложных систем // Труды семинара «Время, хаос и математические проблемы». М.: Институт математических исследований сложных систем, 2000. Вып. 2. С. 163–176.

Левич А.П. Энтропия как обобщение понятия количества элементов для конечных множеств // Философские исследования. 2001. № 1. С. 59–72.

Левич А.П. Энтропийная параметризация времени в общей теории систем // Системный подход в современной науке. М.: Прогресс-Традиция, 2004а. С. 167–190.

Левич А.П. Принцип максимума энтропии и теоремы вариационного моделирования в экологии сообществ // Успехи современной биологии. 2004б. Т. 124. № 6. С. 3–21.

Левич А.П. Рождение парадигмы открытого, генерируемого «временем» мира // Языки науки – языки искусства. Москва–Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2004в. С. 222–231.

Левич А.П. Моделирование природных референтов времени // Необратимые процессы в природе и технике. М.: МГТУ–ФИАН, 2007а. С. 154–158.

Левич А.П. Флюэнты Исаака Ньютона как модель метаболического времени систем // Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое. М.: КЦ «Новый акрополь», 2007б. С. 43–52.

Левич А.П. Что значит «количество элементов» для структурированных множеств (структурная энтропия систем) // Философия математики: актуальные проблемы. М.: Издатель Савин С.А., 2007в. С. 321–324.

Левич А.П. Генерирующие флюэнты как архетип моделей в теоретическом естествознании // Пространство и время: физическое, психологическое, мифологическое. Тезисы VI конференции. М.: Алетейя, 2007г. С. 26–27.

Левич А.П. Почему скромны успехи в изучении времени? // На пути к пониманию феномена времени: конструкции времени в естествознании. Часть 3. Методология. Физика. Биология. Математика. Теория систем. М.: Прогресс-Традиция, 2009а. С. 15–29.

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, 2009б. С. 397–425.

Левич А.П., Алексеев В.Л., Рыбакова С.Ю. Оптимизация структуры экологических сообществ: модельный анализ // Биофизика. 1993. Т. 38. Вып. 5. С. 877–885.

Левич А.П., Алексеев В.Л., Никулин В.А. Математические аспекты вариационного моделирования в экологии сообществ // Математическое моделирование. 1994. Т. 6. № 5. С. 55–71.

Левич А.П., Алексеев В.Л. Энтропийный экстремальный принцип в экологии сообществ: результаты и обсуждение // Биофизика. 1997. Т. 42. Вып. 2. С. 534–541.

Левич А.П., Максимов В.Н., Булгаков Н.Г. Теоретическая и экспериментальная экология фитопланктона: управление структурой и функциями сообществ. М.: Изд-во НИЛ, 1997. 192 с.

Левич А.П., Фурсова П.В. Задачи и теоремы вариационного моделирования в экологии сообществ // Фундаментальная и прикладная математика. 2002. Т. 8. № 4. С. 1035–1045.

Михайловский Г.Е. Понятие энтропии в приложении к самовоспроизводящимся биологическим системам // Человек и биосфера. Вып. 6. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. С. 62–78.

Моисеева Н.И. Свойства биологического времени // Фактор времени в функциональной организации деятельности живых систем. Л., 1980. С. 15–20.

Молчанов Ю.Б. Четыре концепции времени в философии и физике. М.: Наука, 1977. 191 с.

Морозов А.Ю. Теория струн – что это такое? // Успехи физических наук. Т. 162. № 8. 1992. С. 83–168.

Налимов В.В. Спонтанность сознания: вероятностная теория смыслов и смысловая архитектура личности. М.: Прометей, 1989. 287 с.

Павлов Д.Г. Четырехмерное время // Гиперкомплексные числа в геометрии и физике. 2004. Т. 1. № 1. С. 33.

Паршин А.Н. Р-адическая структура времени и пространства // <http://www.chronos.msu.ru/seminar/rautumn05.html#13december>, 2005.

Пенроуз Р. Сингулярность и асимметрия по времени. В книге «Общая теория относительности. Издание к 100-летию А. Эйнштейна». М.: Мир, 1983. С. 233–234

Савчук В.Д. От теории относительности до классической механики. Дубна: Феникс, 2001. 176 с.

Свирижев Ю.М., Пасеков В.П. Основы математической генетики. М.: Наука, 1982. 512 с.

Станюкович К.П. Взаимодействие двух тел, «излучающих» потоки газа // Доклады Академии наук СССР. 1958. Т. 119. № 4. С. 686–689.

Фридман А.А. Мир как пространство и время. М.: Наука, 1965. 112 с.

Шихобалов Л.С. Время: субстанция или реляция?.. Нет ответа // Вестник СПбО РАЕН. 1997. Т. 1. № 4. С. 369–377.

Шихобалов Л.С. Лучистая модель электрона. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2005. 230 с.

Шульман М.Х. Теория шаровой расширяющейся вселенной. М.: Едиториал УРСС, 2003. 160 с.

Шульман М.Х. Вариации на темы квантовой теории. М.: Едиториал УРСС, 2004. 96 с.

Шульман М.Х. Время и квантовое поведение // http://www.chronos.msu.ru/rreports/shulman_doklad.pdf, 2006.

Ярковский И.О. Всемирное тяготение как следствие образования весомой материи внутри небесных тел. М., 1889. 388 с.

Alexeyev V.L., Levich A.P. A search for maximum species abundances in ecological communities under conditional diversity optimization // Bull. of Mathematical biology. 1997. V. 59. № 4. P. 649–677.

- Bars C.* Survey of two-time physics // *Class. Quant. Grav.* V. 18. 2001. P. 3113.
- Bars C., Kuo Y.* Interacting Two-Time Physics Field Theory With a BPST Gauge Invariant Action // *ArXiv: hep-th / 0605267*. V. 3. 2006.
- Bjerknes V.* Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte nach C.A. Bjerknes Theorie // *Leipzig Band II. Teil III*. 1901.
- Born M.* Quantenmechanik der stoßvorgänge // *Zeitschrift für Physik*. 1926. Bd. 38. S. 803–827.
- Chen X.* A New Interpretation of Quantum Theory. Time as Hidden Variable // *Quantum Physics*, 2000. P. 1–5.
- De Tunzelmann G.W.* A treatise on electrical theory and the problem of the universe. Chap. 18. L.: Charles Griffin, 1910. P. 362.
- Douglas E.R.* Rheological & Chronological Time: a Titanic Marriage. 2005. Submitted to *Kronoscope*, found in <http://www.philosophyoftime.org/rheological.html>.
- Douglas E.R.* Temporality, Intentionality, the Hard Problem of Consciousness and the Causal Mechanisms of Memory in the Brain: Facets of One Ontological Enigma? // *Time and Memory: Study of Time*. V. 12. Leiden-Boston: Brill, 2007.
- Dragovich B.* Adelic Model of Harmonic Oscillator // *Теоретическая и математическая физика*. Т. 101. 1994. С. 349–359.
- Feynman R.P.* The character of physical law. London: Cox and Wyman Ltd, 1965. (Перевод: *Фейнман Р.* Характер физических законов. М.: Мир, 1968. 232 с.)
- Feynman R.P.* QED the Strange Theory of Light and Matter. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1985. (Перевод: *Фейнман Р.* КЭД – странная теория света и вещества. М.: Наука, 1988. 144 с.)
- Fursova P.V., Levich A.P.* Variational model of microorganism polyculture development without re-supply of mutually irreplaceable resources // *Ecological Modelling*. 2007. V. 200. P. 160–170.
- Gibbs J.W.* Elementary principles in statistical mechanics. N.Y.: Longmans, 1902.
- Green M.B., Schwarz J.H., Witten E.* Superstring Theory. V. 1. Introduction. Cambridge, N.Y., New Rochelle, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press, 1986. (Перевод: *Грин М., Шварц Дж., Виттен Э.* Теория суперструн. Т. 1. Введение. М.: Мир, 1990. 518 с.)
- Greene B.* The Elegant Universe. Superstrings, Hidden Dimensions, And The Quest For The Ultimate Theory. N.Y.: Vintago Books, 1999. (Перевод: *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: Едиториал УРСС, 2004. 288 с.)

- Guthrie F.* On approach caused by vibration // *Phil. Mag.* 1870. V. 39. P. 309; V. 40. P. 345–354.
- Hicks W.M.* On the problem of two pulsating spheres in fluid // *Proc. Camb. Phil. Soc.* 1880. V. 3. P. 276–285.
- Leahy A.H.* On the pulsations of spheres in an elastic medium // *Trans. Camb. Phil. Soc.* 1889. V. 14. P. 45–62.
- Levich A.P.* Generating Flows and a Substantial Model of Space-Time // *Gravitation and Cosmology*. 1995. V. 1. № 3. P. 237–242.
- Levich A.P.* Variational modelling theorems and algocoenoses functioning principles // *Ecological Modelling*. 2000. V. 131. P. 207–227.
- Mctaggart J.E.* The Unreality of Time // *Mind: A Quarterly Review of Psychology and Philosophy*. 1908. V. 17. P. 457–474.
- Milne E.A.* Kinematic Relativity. Oxford, 1948. 239 p.
- Nelson E.* Deviation of the schrödinger equation from Newtonian mechanics // *Phys. Rev.* 1966. V. 150. P. 1079–1085.
- Newton I.S.* Philosophiae naturalis principia mathematica. L., 1687. (Перевод: *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989. 688 с.)
- Newton I.S.* Methodus fluxionum et seriarum infinitarum // *Opuscula mathematica, philosophica et philologica*, t. 1. Lausaannae et Genevae, 1774. (Перевод: *Ньютон И.* Метод флюксий и бесконечных рядов с приложением его к геометрии кривых // *Ньютон И.* Математические работы. М.-Л.: ОНТИ, 1937.)
- Pearson K.* Ether squirts // *Am. J. Math.* 1891. V. 13. P. 309–362.
- Perkins D.H.* Introduction to high energy physics. 3-d edition. Addison-wesley publishing company, inc., 1987. (Перевод: *Перкинс Д.* Введение в физику высоких энергий. М.: Энергоатомиздат, 1991. 429 с.)
- Poincare H.* Les limites de la loi de Newton // *Bull. Astron.* 1953. V. 17. P. 121–269.
- Roseveare n.t.* Mercury's perihelion from Le Verrier to Einstein. Oxford: Clarendon Press, 1982. (Перевод: *Роузвер Н.Т.* Перигелий Меркурия. От Леверье до Эйнштейна. М.: Мир, 1985. 246 с.)
- Tompson W., Tait P.G.* Natural Philosophy. Cambridge, 1890.
- Uexkuell J. Von.* Umwelt und Innenwelt der Tiere. Berlin, 1909.

Раздел III

**МОДЕЛИ ВРЕМЕНИ
В БИОЛОГИИ**

ГЛАВА XI

Алексей М. Оловников
Институт биохимической физики РАН,
olovnikov@dol.ru

Первопричина старения заключена в укорочении редумер как перихромосомных «линеек» биологического времени, а не в уменьшении теломер*

Рассмотрены некоторые детали редумерной теории старения. Генов старения не существует, но есть программа контроля над течением эндогенного времени организма и его старения. Она основана на закономерной потере редумерами их концевых генов. Редумеры – это небольшие молекулы ДНК, являющиеся «перихромосомными», то есть расположенными на теле хромосомы копиями определенных и почти все время молчащих хромосомных сегментов. Хромосомные гены остаются в клетках организма сохранными, а вот активность генов редумер закономерно и последовательно утрачивается. Регуляция этого процесса позволит медицине будущего взять под контроль темп и само существование процесса старения.

Ключевые слова: *теломера, редумера, морфогенез, старение.*

1. Введение

Геронтология, даже еще и не получив от Мечникова этого своего названия, давно искала пути, позволяющие избежать старения, но до сих пор проблема не решена, и общепринятая теория старения отсутствует. Часть решения этого вопроса сформулирована ранее (Оловников, 2003а; б). Соответствующие публикации представлены на сайтах: http://www.chronos.msu.ru/Public/olovnikov_re-dusomnaya.html; <http://www.medline.ru/thorough/oglav/tom95alx.shtml>.

Здесь я перескажу основу гипотезы сравнительно кратко и более детально остановлюсь на новых аспектах теории. Но вначале немного о состоянии дел в литературе.

* Работа поддержана грантом РФФИ № 07-04-00960а.

Хотя в повторяющихся друг друга руководствах по старению привычно говорится о мифических трехстах теориях старения, реально сейчас конкурируют между собой две – предложенная Харманом свободно-радикальная гипотеза и теломерная, от которой я теперь отказываюсь, хотя и сохраняю из своего прежнего подхода идею укорочения линейных молекул ДНК.

Постоянно производимые в норме свободные радикалы в конце концов выводят клеточные структуры из строя, становясь первопричиной старения организма, – так гласит свободно-радикальная гипотеза. Косвенный довод в пользу такой точки зрения некоторые исследователи видят в существовании обратной зависимости между эффективностью систем, репарирующих ДНК, и производством в митохондриях перекиси водорода, с одной стороны, и средней продолжительностью жизни (ПЖ) вида, с другой стороны. Наиболее современный вариант такой позиции – это митохондриальная гипотеза клеточного старения. В текущих публикациях можно найти историю и критику вопроса (Анисимов, 2003; Sastre et al., 2000; Kasapoglu and Ozben, 2001; Skulachev, 2004; Meissner et al., 2001; Fossel, 2003).

Наиболее наглядно некорректность идеи о неизбежности изнашивания клеток вытекает из следующего факта (не объясняемого адептами этих гипотез): вегетативно размножающиеся организмы не стареют; не стареет и линия половых клеток, передающаяся тысячелетиями от родителей к детям (Fossel, 2002; Оловников, 2003а). Рекомбинация хромосом и выбраковка неудачных вариантов в ходе полового размножения ничего не меняют в сути вопроса – ведь удачные варианты несут с небольшими вариациями, по сути, копию все той же ДНК, которая существовала тысячи лет назад и не приобрела опасных мутаций. Ректификация генома от летальных мутаций в ходе полового размножения имеет место, но она в целом отнюдь не исправляет гены, и если бы действительно в норме шло накопление повреждений из-за свободных радикалов, то давно в половом геноме не осталось бы ни одного полноценного гена. Между тем старения клеток зародышевой линии клеток не происходит, иначе, например, род человеческий уже давно бы пресекся.

Но есть и еще более очевидный пример. Половое размножение вообще не обязательно для тех организмов, которые

способны, как тополь, бегония или картофель, размножаться вегетативно. Сорт может и выродиться, но от вирусов, а вегетативные потомки – это копии предкового организма (то есть клоны), и они отнюдь не стареют, хотя исправно производят свободные радикалы, необходимые для их нормальных биохимических процессов. Конечно, такое возможно только потому, что у нестареющих клонов антиоксиданты, перехватывающие паразитарные свободные радикалы, работают во всех их клетках с неизменной эффективностью, невзирая на бег времени. Но парадигмы сильнее фактов, по крайней мере для авторов парадигм. Альтернативой идеи случайных повреждений клеток является давно обсуждаемая в литературе идея о существовании некоей программы старения. Но вот как она может быть устроена – этот вопрос, являясь предметом длительных дебатов, до сих пор не ясен. В настоящем сообщении рассматривается в виде гипотезы возможное решение этой старой проблемы (Оловников, 2003а; б). Постулируемый механизм является альтернативой предложенной ранее теломерной модели старения (Оловников, 1971; Оловников, 1972; Olovnikov, 1973). В его основе лежит представление о существовании новых ядерных органелл. Они представляют собой сравнительно небольшие молекулы ДНК (так называемые «редумеры») (Оловников, 2003а; б), и именно их неслучайное укорочение является основой клеточного строения и работы программы продолжительности жизни (ПЖ).

На разных хромосомах одной и той же клетки располагаются разные редумеры. Редумера – это вынесенная за пределы хромосомы (но не экстрахромосомная, а так сказать «перихромосомная» ДНК, имеющая с хромосомой физический контакт). Хромосомный оригинал каждой редумеры, то есть проторедумера, транскрипционно активен только в момент создания редумеры, а затем на протяжении всей жизни клетки и организма остается в норме молчащим. Набор генов в разных редумерах неодинаков, и некоторые из генов повторяются даже в пределах одной редумеры.

Редумеры, как будет рассмотрено подробнее ниже, представлены в организме двумя видами – хрономерами и принтомерами. Хромеры следят за развитием и старением орга-

низма во времени (темпоральные события). Принтомеры используются в контроле за морфогенезом (пространственные события). Таким образом, хрономеры и принтомеры имеют общее родовое имя – редумеры. Редусомная (или, что то же самое, редумерная) модель старения объясняет его как на клеточном, так и на организменном уровне закономерной и последовательной утратой концевых генов редумер. Организм человека стареет прежде всего, по всей видимости, из-за старения мозга, хотя интеллектуальные способности могут сохраняться до конца жизни. Предполагается, что за старение мозга ответственно именно укорочение хрономер; в связи с этим вполне можно было бы говорить о хрономерной теории старения организма как целого.

Каждая редумера содержит один или более небольших генов, кодирующих малые ядерные РНК, участвующие в регуляции клетки, и в совокупности редумеры находятся на вершине регуляторной пирамиды эукариотического генома. Они вовлечены в модуляцию активности структурных хромосомных генов и, в частности, в регуляцию конфигурации хроматина. Предполагается, что именно укорочение редумер в ходе жизнедеятельности клеток оказывает на них решающее влияние в отношении клеточного старения, тогда как укорочение теломер, происходящее параллельно с укорочением редумер, играет в индивидуальном развитии хотя и важную, но не первостепенную роль. Но обо всем по порядку.

2. Для чего существуют редумеры?

Почему необходимы редумеры, по меньшей мере для объяснения процесса старения? Ответ в следующем. Предсказанная и подтвердившаяся недорепликация теломерной ДНК действительно имеет место, но сама по себе длина теломер или ее уменьшение не генерируют сигналов старения, которые могла бы понять клетка. Например, дикие и чистолинейные мыши имеют соответственно небольшую и гигантскую (в десятков раз больше, чем у человека!) длину теломер, но все мыши имеют примерно одинаковую ПЖ. Поэтому сами теломеры не могут, например, работать в качестве митотического счетчика. Но поскольку все же величина укорочения теломер, как и предсказывалось (Оловников, 1971;

Оловников, 1972; Olovnikov, 1973), действительно коррелирует с числом выполненных клетками удвоений (и актов репликации ДНК), то, значит, в клетке должен существовать такой, еще не идентифицированный механизм, который при клеточных удвоениях сам ведет счет митозов и запоминает, сколько пройдено и сколько осталось до остановки пролиферативной активности в соответствии с лимитом Хейфлика. Поскольку на такое способна только ДНК, то остается предположить, что за обсуждаемый механизм ответственна особая ДНК, не относящаяся к теломерам. Она обязана иметь свободные концы, подвергающиеся концевой недорепликации, но в хромосоме нет свободных концов ДНК, кроме теломерных. Следовательно, остается предположить, что в ядре есть еще одна линейная ДНК, концевое укорочение которой как раз и отвечает за счет клетками митозов, существование лимита Хейфлика, да и за сам процесс клеточного старения как следствие потери слишком большой фракции этой нехромосомной ДНК. На ее роль как раз и предлагаются редумеры, или, иначе выражаясь, молекулы редусомной ДНК. Такова интерпретация наблюдаемой феноменологии.

Но что заставило саму природу пойти именно по такому пути? Причина того, почему природа непременно должна была изобрести редумеры, в следующем – они нужны в контроле за развитием организма как во времени, так и в пространстве, и об этом подробнее ниже.

Казалось бы, к чему представления о новых структурах в связи со старением, если основные предсказания теломерной модели в основном подтвердились (Оловников, 1971; Оловников, 1972; Olovnikov, 1973). Среди них: 1) концевая недорепликация линейных молекул ДНК, или маргинотомия; 2) утверждение, что многие прокариотические геномы являются кольцевыми именно для того, чтобы избежать проблемы концевой недорепликации ДНК; 3) предсказание самого факта существования особой формы ДНК-полимеразы, компенсирующей укорочение концов реплицируемой ДНК (то есть, в сегодняшней терминологии, фермента теломеразы); 4) предсказание присутствия теломеразы в строго определенных типах клеток – в герминативных, раковых и стабильно трансформированных клетках, неограниченно долго способных культивироваться *in vitro*; во всех этих случаях теломераза ответственна за иммортабельность

соответствующих клеточных линий; 5) предсказание и объяснение положительной корреляции между величиной укорочения теломер и числом удвоений, сделанных соматическими клетками, которые делятся и стареют *in vitro* (объяснение эффекта Хейфлика). И все же, несмотря на все эти оправдавшиеся предсказания, я утверждаю теперь, что теломерная модель клеточного старения должна быть отвергнута, так как теломерозависимый сигнал клеточного старения не обнаруживается, и, по-видимому, он вообще не существует. За процесс старения может отвечать идущее одновременно с укорочением теломер убывание длины редумер, которые как раз потенциально способны генерировать такой сигнал: сигналом старения для клетки служит падение продуктивности укорачивающейся органеллы.

Редумеры, маскированные белками, то есть редусомы, являются так сказать «перихромосомными» частицами, которые локализованы бок о бок с теми хромосомными сегментами ДНК, которые послужили матрицами для их создания. Обычно редумеры располагаются в субтеломерных регионах хромосом, но могут быть найдены и в перичентромерных районах. Редумеры постепенно уменьшаются в размерах вследствие укорочения их ДНК, происходящего в ходе клеточных удвоений и при других событиях. Отсюда и сам термин. Хромосомные оригиналы редумер, то есть проторедумеры, используются клеткой только для создания редумер, а в остальное время находятся в высококомпактизованном и поэтому неактивном состоянии. Каждая редумера имеет свой собственный *ori* для репликации и промотор для транскрипции, причем этот промотор является общим для всех генов, транскрибируемых в редумере (в этом одно из отличий редумерных генов от обычных хромосомных). Концевые, играющие буферную роль участки редумеры обозначены как акромеры (во избежание их путаницы с концами хромосом – теломерами). Акромеры выполняют защитную функцию наподобие хромосомных теломер, но размеры акромер значительно меньше, чем теломер. Редумеры не имеют собственной центромеры, и поэтому судьба постулируемых перихромосомных органелл (редусом) целиком и полностью зависит в митозах от судьбы самих хромосом, служащих для редусом своеобраз-

ным носителем. Редусома «путешествует» в митозах на теле хромосом, подобно тому, как рыба-прилипала путешествует на акуле, хотя, разумеется, безмозглая редусома лишена рыбьей «свободы воли». Транскрипты, производимые на редумерах, иначе говоря на редусомной ДНК, относятся к малым ядерным РНК (мяРНК). В настоящее время, как известно, только начинает проявляться важная регуляторная роль многочисленных и разнообразных клеточных мяРНК, участвующих, к примеру, в РНК-интерференции и других важных событиях. К сонму мяРНК относится и фракция транскриптов, кодируемых редумерами, то есть предполагается, что редумерные РНК работают на вершине регуляторной пирамиды генома эукариот.

3. Принтомеры как основа регуляторного морфогенеза

Принтомеры, то есть один из двух вариантов редумер (хрономер и принтомер), функционируют в делящихся клетках, и они особенно важны в эмбриональном органогенезе, помогая конвертировать линейно записанную в геноме информацию в трехмерные структуры развивающего организма (принтомерный механизм интерпретации позиционной информации). Позиционная информация – это информация, которую клетки получают неким, все еще экспериментально не установленным образом о своем положении относительно целого (то есть, например, относительно источника, поставляющего индуктор дифференцировки) (Wolpert, 1996; Wolpert, 2002a; b). Участие принтомер в этой интерпретации, включая клеточную детерминацию и дифференцировку, достигается благодаря распаковке строго определенных хромосомных сегментов (протопринтомер), что протекает под прямым или опосредованным действием морфогенетического индуктора. Его концентрация на противоположных полюсах морфогенетического поля клеток, которым предстоит принять решение, «оппозитна», то есть концентрация высока вблизи источника индуктора и низка на противоположном конце морфогенетического поля. Само поле обычно невелико, примерно сотня практически идентичных клеток, компетентных к восприятию действия индуктора. Благодаря этому клет-

ки могут принимать, как предполагается, решение на основе бинарного выбора. Суть осуществляемого клетками бинарного выбора состоит в следующем. Клетка может распаковывать одну либо обе из двух имеющихся в хромосоме протопринтомер (протопринтомера, или в общем виде – проторедумера, есть хромосомный предшественник принтомеры). Распаковка сразу обеих протопринтомер происходит только вблизи источника морфогена (или индуктора дифференцировки). Наоборот, распаковка только одной из двух протопринтомер происходит при низкой концентрации индуктора около данной клетки. Подобное принятие бинарного решения может осуществляться одновременно разными хромосомами клетки, имеющими по две «компетентных» протопринтомеры, специфичных в отношении именно данной дифференцировки. То же самое верно и в отношении клеточных детерминаций, которые являются не чем иным, как латентными, не проявляющими себя сразу клеточными дифференцировками. Каждая распакованная хромосомная протопринтомера, оставаясь сегментом хромосомной ДНК, служит матрицей, использующейся в ходе создания соответствующей перихромосомной принтомеры. Принтомерный механизм предлагает решение давно существующей в биологии и до сих пор не решенной проблемы эквивиальности эмбрионального развития, старейшей проблемы биологии развития.

Клетки, занимающие разные позиции на оси морфогенетического градиента, будут принимать противоположные из двух возможных, т. е. оппозитные состояния дифференцировки. Как именно осуществляется выбор адекватных протопринтомер в этом процессе? Обозначим условно две хромосомные протопринтомеры как резистентную (*R*) и нерезистентную, то есть сенситивную (*S*). Суть дела не меняется, находятся ли эти *R* и *S* на одной или на разных хромосомах клетки. Протопринтомеры компактизованы с участием белковых «печатей», которые распечатываются под воздействием сигнальных факторов, инициируемых индуктором дифференцировки. Одним из таких факторов, очевидно, может быть относительно долго живущий (несколько секунд) свободный радикал *NO*. Окись азота в физиологических концентрациях обратимо подавляет клеточную подвижность (Lin et al., 2003; Balercia et al.,

2004), и это свойство *NO* в данном случае весьма полезно, поскольку таким путем *NO* предотвращает несвоевременные миграции клеток в пределах морфогенетического поля. В противном случае, не вовремя перемещаясь, клетки оказались бы неспособными получать адекватную позиционную информацию о своем расположении относительно индуктора дифференцировки. Кроме того, *NO* легко распространяется по ткани и является фактором, влияющим на морфогенез (Enikolopov et al., 1999). Известно, что под действием *NO* активируется гуанилатциклаза (Schaap, 2005), синтезирующая с GMP, а этот вторичный мессенджер мог бы запускать каскад реакций, ведущих к распечатыванию протопринтомер. Кроме того, окись азота, как известно, может регулировать экспрессию генов путем прямой модификации редокс-чувствительных остатков некоторых ядерных белков. Так, *NO* снижает способность конститутивно активного гетеродимерного транскрипционного фактора NF-κappa B связываться с ДНК, и это сопровождается подавлением деацетилазами активности, например, промотора гена *c-myc* (Park, Wei, 2003). Транскрипционные факторы семейства NF-κappa B вовлечены в сложную сеть ингибирования и активации различных сегментов генома (Natoli et al., 2005). Существование подобных сетей взаимодействий белковых факторов, инициируемых *NO*, могло бы, вероятно, использоваться как для активации протопринтомер, так и для компактизации, при участии деацетилаз, тех сегментов хроматина, которые надо отключить при приобретении клеткой очередной дифференцировки. Упомянутая выше протопринтомера *S* должна распаковываться при более низкой концентрации сигнала, чем протопринтомера *R*. Процесс распаковок специфических компетентных протопринтомер, которые ранее были плотно компактизованы (и потому транскрипционно неактивны) идет последовательно. К приходу клетки в состояние компетентности очередной сегмент гетерохроматина меняет свою конфигурацию, подготавливаясь к возможному акту распаковки. На соответствующие протопринтомеры могли бы аналогичным путем воздействовать не только *NO*, но и другие легко распространяющиеся по ткани индукторы дифференцировки (например, ретиноевая кислота и т. п.).

Вблизи источника морфогена, где его концентрация особенно высока, клетки распакует обе протопринтомеры, то есть R и S . Поэтому в таких клетках будут изготовлены с участием декомпактизованных протопринтомер как R , так и S принтомеры. Однако на дальнем, противоположном полюсе того же самого морфогенетического поля клетки смогут распаковать только одну протопринтомеру S , поскольку она чувствительна даже к низким концентрациям распаковывающего сигнала. Подобный выбор по бинарному принципу делается разными хромосомами одной и той же клетки. В итоге клетки как вблизи источника морфогенетического градиента, так и на противоположном краю морфогенетического поля, исходно состоящем из идентичных клеток, обретут совершенно различные цитотипы, сформировав благодаря этому одну структуру вблизи источника морфогенетического индуктора и вторую, отличающуюся структуру вдали от него.

Редумерные РНК могли бы направлять морфогенез, учитывая с несомненностью доказанную в нем, например, роль НОХ-генов и других важных факторов, образуя с ними межмолекулярные комплексы и этим стимулируя их сборку и активацию. Кроме того, некоторые из редумерных РНК могли бы управлять работой предполагаемой ионофонтанной системы регуляции эукариотического генома (Оловников, 2001).

Рассматриваемый редумерный механизм регуляции морфогенеза и создаваемых в нем цитодифференцировок, должен иметь место в различных морфогенетических полях и осуществляться под воздействием самых разных морфогенов, а также при различных ориентациях осей морфогенетических градиентов. Повторяющиеся циклы создания и экспрессии новых наборов принтомер являются основой любых регуляторных морфогенезов, способных создавать самые причудливые формы живого. Предложенный механизм является ключевым для образования трехмерных мультиклеточных органов, создаваемых за счет изложенного редумерозависимого способа перевода линейно закодированной в геноме информации в трехмерную геометрическую форму органов и всего организма.

Суть рассуждений остается прежней и в том случае, если в морфогенетическом поле не создается устойчивый концен-

трационный градиент индуктора, а просто два сегмента исходно идентичной клеточной популяции этого поля вступают соответственно либо в длительный, либо в кратковременный контакт с индуктором в ходе, например, формирования конечности позвоночных животных – излюбленного объекта исследователей морфогенеза (Wolpert, 2002b). При длительном контакте окажутся распечатанными все те же протопринтомеры R и S , тогда как короткая экспозиция обеспечит активацию только протопринтомеры S .

Следует подчеркнуть, что предлагаемый редумерный механизм интерпретации позиционной информации, представляем о которой перевалило за сотню лет (Wolpert, 1996; Wolpert, 2002a; b), приложим и в тех случаях, когда компетентные клетки морфогенетического поля искусственным либо естественным путем перемешиваются (перед воздействием на них индуктора). Используя проторедумеры и воспринимая воздействие индукторов, клетки в подобных случаях способны оценить свои новые позиции в морфогенетическом поле и адекватно их интерпретировать. Именно эта активность лежит в основе способности организмов к эквивинальному развитию, то есть к развитию, дающему одинаковый конечный результат, несмотря на принудительное перемещение клеточных популяций в новые позиции за некоторое время до начала воздействия на них морфогенетического индуктора, способного инициировать их новую специализацию. Предложенный редумерозависимый механизм морфогенеза дает ответ на вопрос, поставленный в свое время классиком эмбриологии Дришем – почему в индивидуальном развитии часть является функцией целого? Ответ состоит в том, что целое, то есть формирующийся эмбрион, посылает своим частям сигналы об их положении, и сигналы эти могут быть восприняты и запомнены клетками только с помощью создаваемых *de novo* редумер и их последующего соматического наследования.

Красивыми экспериментами установлено, что в регуляторном морфогенезе большую роль играют поля механических натяжений (Belousov et al., 1990; 1994; 1995; 2000), участвующие в координации миграций по развивающемуся эмбриону клеток и клеточных пластов. Можно предположить здесь, что естественные и искусственные модификации этих полей натяжений в раннем развитии выполняют

две весьма важные, хотя и совершенно различные, чисто механические функции.

Первая механическая функция – это перемещение клеток ради достижения оптимальной ориентации той клеточной группы, которая синтезирует необходимый индуктор, и той группы клеток, которая его должна рецептировать, то есть представляющей собой, собственно, само морфогенетическое поле.

Вторая механическая функция, состоит в модификации механических напряжений цитоскелета и ядерного матрикса внутри самих клеток морфогенетического поля, а через это, по крайней мере в некоторых случаях, в модификации паттерна экспрессии ядерных генов этих клеток (то есть в качественном изменении спектра активных генов), а также и в его модуляции (то есть в количественном изменении продуктивности уже активных генов).

В связи с рассмотрением этой второй механической функции следует подчеркнуть, что речь идет о модификациях и модуляциях, осуществляемых в уже дифференцированной клетке, то есть только в пределах того набора потенциально активных генов, который строго предопределен специфичностью соответствующей цитодифференцировки. Показано, в частности, что искусственное растяжение эластичной подложки клеточного монослоя *in vitro* может вызывать строго определенные изменения паттерна экспрессии генов. Другими словами, механическая нагрузка на клетку способна непосредственно регулировать транскрипцию генов (Komuro et al., 1991). Это означает, по-видимому, что растяжение интерфазных хромосом (то есть усиление декомпактизации их определенных регионов), как и сжатие других регионов, могло бы менять в определенных пределах интенсивность экспрессии тех генов, активность которых, однако, и без того уже разрешена для данной цитодифференцировки. Известно, что, например, фибробласты распознают механическую деформацию своего экстраклеточного матрикса. Это осуществляется с участием интегринов, которые через клеточную поверхность в ответ на механический стресс активируют MAPK- и NF-κB-сигнальные пути. Обнаружены также энхансерные последовательности, которые в ответ на статическое растяжение фибробластов меняют промоторную активность генов теназина-С и коллагена XII (Chiquet et al.,

2003). Хотя полностью механизм механотрансдукции, то есть передачи механического воздействия от внешней среды на гены, еще не расшифрован (Skerry, Suva, 2003), тем не менее Павалко и др. полагают, что эта форма трансдукции использует диффузию особых «механосом», которые формируются в цитоплазме в ответ на механическое воздействие на клетку и затем поступают в ядро, где связываются с 5'-регуляторной последовательностью кандидатных генов, меняя их активность. Павалко и соавторы идентифицировали группу белков, претендующую на роль механосом (Pavalko et al., 2003); как они выразились в связи с механической регуляцией роста костей, то, что гнет кость, в конечном счете «сгибает» ген.

Способность хромосом отвечать в определенных пределах на механические воздействия на клетку можно было бы, вероятно, распространить и на протопринтомеры, но в следующем, не совсем тривиальном аспекте. Вряд ли растяжение клетки повлияет на активность уже декомпактизированной зрелой редумеры, работающей в ее хромосомном гнезде. Вряд ли также механическое растяжение может принудительно разорвать (не повредив целостность хромосомной ДНК) те «печати», которыми до поры, до времени запечатаны в ядре многочисленные посторонние проторедумеры, не имеющие никакого отношения к данной компетенции клетки. Совсем иначе может обстоять дело, однако, с «компетентными проторедумерами», то есть с теми из проторедумер, которые «ждут» прихода индукторного сигнала, чтобы помочь клетке интерпретировать (узнать и запомнить) ее расположение относительно источника морфогенетического сигнала. Вполне допустимо, что изменение механического растяжения компетентных клеток морфогенетического поля, при прочих равных условиях, действует как фактор, облегчающий неслучайную декомпактизацию, то есть преимущественное распечатывание именно компетентных протопринтомер, а именно тех, которые в ходе идущих в развитии последовательных реконфигураций гетерохроматина уже подготовились к распечатыванию их белковых «печатей» для последующей транскрипции раскрывшихся протопринтомерных хроматиновых доменов.

В этом случае вышеупомянутая протопринтомера *S* окажется более чувствительной (по сравнению с более плотно

и прочно упакованной протопринтомерой *R*) не только к химическому влиянию морфогенетического сигнала, но и к чисто механическому действию на клетку, на ее цитоскелет и ядерный матрикс. Возможно, что в реальных биологических морфогенезах при специфическом распечатывании соответствующих *R* и *S* проторедумер на них согласованно действуют как химические факторы, так и чисто механические влияния (растяжение и сжатие взаимодействующих клеточных пластов). Именно этим, по всей вероятности, если исходить из предлагаемой модели, могли бы объясняться наблюдения Белоусова и сотрудников, согласно которым искусственные рассечения тканей раннего эмбриона амфибии, способные радикально менять механические поля натяжений, меняют и паттерн формирующихся *in vitro* эмбриональных структур (Belousov et al., 1990). Иначе говоря, искусственно созданные механические натяжения и релаксации могли бы чисто физически провоцировать декомпактизацию и, как следствие, активацию и экспрессию протопринтомер в аномальных сегментах тела эмбриона, лишь подготавливающего в норме в это время свои протопринтомеры к очередным распаковкам, но вынужденного теперь (в ответ на резкое внешнее механическое принуждение) форсировать процесс распаковки протопринтомер в неправильное время и в неправильном месте.

Митотически делящиеся дифференцированные клетки, такие, например, как фибробласты, с каждым удвоением получают все более укороченные принтомеры вследствие их концевой недорепликации, происходящей параллельно с укорочением теломер в тех же клетках. Поэтому принтомеры могут играть руководящую роль не только в чтении и запоминании клетками их позиционной информации и в механизме клеточной дифференцировки, но еще и выполнять функцию митотического счетчика делений. Как справедливо отметил Эндрюс, все еще мало известно о ключевых механизмах, контролирующих дифференцировку стволовых клеток, причем текущие концепции относительно этой процедуры неадекватны (Andrews, 2002). Представление о механизме дифференцировки, использующем редусомы (а принтомеры, покрытые белками, – это принтосомы или, более широко, редусомы), как можно надеяться, способно восполнить этот пробел. Интерпретируя свою позиционную

информацию, клетки с помощью принтомер запечатлевают в своей клеточной памяти информацию о своих прежних позициях, и делать они это способны как при начальной специализации стволовых клеток, так и при всех последующих дифференцировках, вплоть до терминальных. Для того чтобы потомки соматических клеток различались по своим дифференцировкам, недостаточно иметь только те редусомозависимые РНК, которые количественно модифицируют экспрессию генов. Некоторые из принтомерных (и вообще редумерных) генов могли бы кодировать также и те РНК, которые транслируются в соответствующие белки, хотя большинство генов рассматриваемых перихромосомных органелл кодируют, вероятно, именно нетранслируемые регуляторные РНК.

Итак, предложенное решение может стать ответом на самую давнюю загадку эмбриологии – каким путем в ходе индивидуального развития линейно записанная информация переводится в 3D-формы. Биологи развития прямо признают, что сам механизм возникновения многообразных форм в ходе индивидуального развития все еще остается непонятым (Rudel, Sommer, 2003). Приняв предлагаемую принтомерную модель морфогенеза, можно далее предсказать здесь, что изменения в ходе эволюции свойств именно проторедумерных сегментов (то есть изменение состава и числа входящих в них генов) являются основой создания того великого морфологического разнообразия животных и растений, которое мы все еще наблюдаем на нашей планете.

4. Проблема гаплоидности редусом. «Редумерный импринтинг» как центральная причина существования феномена геномного импринтинга в живой природе

Под прямым и опосредованным влиянием редумерных РНК, в индивидуальном развитии создаются не только чисто морфологические, но также цитофизиологические и биохимические особенности дифференцирующихся клеток и слагающихся из них мультиклеточных структур. В связи с этим возникает следующий важный вопрос: соз-

даются ли одновременно обе гомологичные редумеры (одна, например редумера R , на отцовской аутосоме и другая, той же специфичности редумера R , на гомологичной материнской аутосоме)? Или же редумеры создаются на альтернативной основе, то есть при определенной цитодифференцировке редумера возникает только на хромосоме, унаследованной от одного из родителей? Этот второй вариант хорошо согласовывался бы с видимой комбинацией родительских морфологических признаков у детей, когда что-то больше похоже на свойства, переданные матерью, а что-то – отцом. В целом этот важный вопрос связан с диплоидностью генома соматических клеток, типичной для животных. Вообще хорошо известно, что большинство семейных синдромов наследуются как аутосомные доминантные признаки; представляется оправданным предположить, что, например, морфологические их проявления будут выглядеть как доминантные именно в том случае, если соответствующие комплексы морфофизиологических признаков проявляют себя в соме индивидуума как унаследованные только от одного, а не от обоих родителей. Это было бы возможно в том случае, если гомологичные проторедумеры активировались для создания редусомы именно на альтернативной основе.

Возможно ли такое, и есть ли, пусть и отдаленные, примеры? Для генов иммуноглобулинов, например, хорошо известно явление аллельного исключения (для кодирования будущего иммуноглобулина используется лишь один из аллельных сегментов хромосомной ДНК), чем обеспечивается формирование в клетке только одного типа иммуноглобулина; процесс аллельного исключения необходим для того, чтобы избежать в одном лимфоците нежелательной сборки антитела из иммуноглобулиновых цепей разной специфичности. В случае проторедумер, как ни странно, ситуация отчасти сходна по функциональной сути, хотя и не по механизму реализации. Следует принять во внимание то обстоятельство, что в каждой из двух родительских аутосом есть своя гомологичная проторедумера, и значит, у клетки с её каждыми двумя гомологичными родительскими аутосомами имеется по две R и по две S проторедумеры. При биологическом полиморфизме всего и вся более, чем вероятно, что реальная величина резистентности (речь

идет о резистентности к сигналу, распечатывающему упакованную проторедумеру) проторедумеры R (от одного из родителей) может оказаться близкой к резистентности проторедумеры S , имеющейся в той же клетке, но на аутосоме от другого родителя. Если такая ситуация будет иметь место, то это поведет к нечеткой прорисовке структур, возникающих на основе бинарного выбора в ходе интерпретации клетками позиционной информации. В итоге формирующиеся структуры окажутся буквально размазанными в пространстве морфогенетического поля, что совершенно несовместимо с нормальным развитием. Для исключения этой неприемлемой ситуации у клетки есть две основных возможности. Одна из них – эксцизия определенных сегментов ДНК (то есть как в лимфоците при аллельном исключении или, например, у циклопов при диминуции хроматина). Однако опыты по клонированию и животных, и растений с использованием соматических ядер, однозначно указывают на сохранение полноценности генетической информации при развитии сомы. Поэтому следует остановиться на другой возможности – способна экспрессироваться только одна из двух аллельных (то есть принадлежащих разным родителям) проторедумер, и поэтому создается только одна из двух аллельных редумер. Наиболее очевидный путь достижения такой цели – это геномный, или родительский, импринтинг, а в данном случае он может и должен осуществляться через стадию «протопринтомерного импринтинга». Импринтинг определенных сегментов хромосом (привилегированная экспрессия аллеля, унаследованного от одного из родителей), как известно, реализуется с помощью гиперметилирования ДНК (у млекопитающих) и путем локальной компактизации хроматина (у дрозофил). Импринтированный сегмент неактивен. Благодаря этому, проблема с опасностью разнобоя в действии парных проторедумер отпадает.

В этом контексте уместно привести важные наблюдения новосибирских генетиков – Чадова с сотрудниками, изучающих, как наследуются морфологические уродства у дрозофил (Чадов и соавт., 2004; Чадов, 2002). Чадов и др. исследовали у *Drosophila melanogaster* доминантные летальные (но при этом факультативные) мутации. В некоторых генотипах они не проявлялись, что и позволяло

поддерживать линии мух и изучать их. Мутации обнаруживались в виде уродств, или морфозов (в основном асимметрия морфологии крыльев, ног и других частей тела). В ходе культивирования, то есть поддержания линий, возникали отдельные мухи с ненаследовавшимися морфозами. В последовательных поколениях друг за другом следовали волны уродств, появлявшихся, а затем исчезающих у потомков (Чадов и соавт., 2004; Чадов, 2002). В формировании морфозов Чадов отметил материнские и отцовские эффекты и заключил, что в его опытах проявляет себя некая программа развития, которая представлена повторяющимися генами (цис-аллелями). Предположение о повторяемости генов в программе выведено им из факта относительной устойчивости программы к ионизирующему излучению. И что особенно интересно, программа, контролирующая возникавшие морфозы, вела себя в диплоидной соме мух вовсе не как диплоидная, а как гаплоидная программа морфологического развития. Гаплоидность программы следует из зависимости экспрессии признаков от пола родителя, несущего донорскую мутацию: только один из двух гомологичных наборов генов (предположительно регуляторных), локализованный на одном из пары гомологов, находится в активном состоянии (Чадов и соавт., 2004; Чадов, 2002). Я полагаю, что это могло быть связано со сдвигами в паттерне импринтинга, касающегося проторедумер, или для краткости «редумерного импринтинга».

Этот вид импринтинга мог бы обеспечить реализацию гаплоидной редумерной программы наследования морфологических свойств соматических органов. Все эти факты, полученные при анализе внешнего вида мух, удачно вписываются в развиваемое представление о роли редусом в морфогенезе. Не менее важен в аспекте редумерной регуляции эукариотического генома, так сказать, метаболический аспект. Регулировать важно, ведь, не только форму, но и обмен веществ. Подобно тому, как правильная форма создается только при условии четкого чтения клетками их позиционной информации, так и активация структурных генов в дифференцирующейся клетке должна строго соответствовать той позиции, которую клетка занимает, иначе наступит метаболический и регуляторный хаос. Чтобы его избежать, соответствующие обязанности могут

быть возложены на другие редумеры той же клетки, локализованные на других ее хромосомах.

В ходе эволюции новые гены могли бы проходить проверку в пределах одного из полов, и известна точка зрения о разделении эволюционных ролей полов – поиск новшеств и консервация оправдавших себя адаптаций (Геодакян, 1998). Использование редумерного импринтинга могло бы быть полезно и в этом отношении. Сказанное позволяет также предложить объяснение тому, зачем вообще существует геномный импринтинг, проявляющий себя прежде всего именно в ходе раннего развития и, как я полагаю, как раз в связи с функционированием редумер.

5. От морфогенеза к эндогенному времени и старению. Почему теломераза может иммортализовать клетки?

Что-нибудь изобретя, природа нередко применяет это для решения других задач, иногда далеких от первоначальной. Я полагаю, что в ходе эволюции организмы сначала использовали редумеры для контроля за развитием в пространстве, а позже стали их применять и для контроля за развитием во времени. Обладание редумерами позволяет клеткам считать число пройденных делений *in vitro*, чем и объясняется знаменитый эффект Хейфлика (Hayflick, 1965; Hayflick, 1997; Hayflick 1998). Чем меньше редумерных генов остается в редумерах клетки, тем ближе она к лимиту Хейфлика. Старение клеток и постепенное замедление их пролиферативной активности по мере приближения к этому лимиту обусловлено растущим дефицитом тех РНК, которые транскрибируются с генов, численность которых в редумерах убывает. Сама эта убыль может быть обусловлена несколькими механизмами. Самый очевидный из них – это концевая недорепликация ДНК, такая же, как это ранее было предсказано для теломер (Оловников, 1971; Оловников, 1972; Olovnikov, 1973). Я полагаю, что именно поэтому клетки и умеют считать число выполненных митозов, а вовсе не в результате того, что их теломеры становятся все более короткими. В теломерах нет генов, и потому их укорочение не может генерировать какой-либо сигнал старения. По сути, укорочение теломер, происходя-

щее в делящихся клетках, как *in vitro*, так и *in vivo*, идет синхронно с укорочением принтомер, являясь просто невинным свидетелем старения, а вовсе не причиной этого пагубного процесса. В неделящихся клетках, например в постмитотических нейронах, редумеры (там они обозначаются как хрономеры за предполагаемую способность измерять эндогенное время организма) укорачиваются уже по другому механизму – это так называемый скраптинг, или процесс транскрипционно-зависимого укорочения закоренного 3'-оверхенга линейной хрономерной молекулы ДНК, подвергающейся сверхскоростной транскрипции (Оловников, 2003а; б).

Итак, поскольку теломерная ДНК не содержит никаких генов, она не может, подобно редумерам, сигнализировать клетке о факте своего укорочения уровнем каких-либо генопродуктов, и значит, теломера в принципе не способна модулировать клеточную активность в ходе старения (по крайней мере до тех пор, пока теломера не получила повреждений, ведущих к появлению свободных двунитевых разрывов или накопления в клетке фрагментов теломерной ДНК). Почему же в таком случае введение теломеразной активности, например, в фибробласты человека, успешно иммортализует их (Bodnar et al., 1998; Vaziri, Benchimol, 1998)? Этот эффект возможен, как я полагаю, только в том случае, если теломераза распознает не только привычную ей теломерную последовательность, но и концы редумер, именуемые акромерами (они названы так во избежание терминологической путаницы с концами хромосом). Успех в иммортализации фибробластов человека свидетельствует об идентичности акромерных и теломерных повторов в этих клетках. Известно, что теломеры млекопитающих построены из повторяющихся гексануклеотидов (TTAGGG)_n. Из этой идентичности, однако, вовсе не следует, что акромеры всех млекопитающих тоже содержат аналогичный повтор. Например, фибробласты мыши содержат и длинные теломеры, и теломеразу и, несмотря на это, располагают сравнительно небольшим лимитом Хейфлика. Это объяснимо только тем, что теломераза не может опознать акромеры в фибробластах мышей и не удлиняет их. Именно поэтому присутствие теломеразы не мешает существованию мортальных (способных стареть) мышинных фиб-

робластов. Таким образом, можно предполагать, что укорочение именно редумер, а отнюдь не теломер служит тем митотическим счетчиком, который сигнализирует делящимся клеткам о том, сколько удвоений они уже выполнили. Другими словами, длина принтомер (и число генов в них) лежит в основе способности клеток подчиняться лимиту Хейфлика (Hayflick, 1965), причем это верно как для событий *in vitro*, так и *in vivo*. Длина же теломер укорачивается просто одновременно и независимо от принтомер делящихся клеток. Можно утверждать, что укорочение теломер является только свидетелем процесса старения, побочным продуктом репликативной активности, но никак не истинным виновником старения. Подлинной его причиной служит укорочение редумер, а именно принтомер в делящихся клетках и хрономер в клетках мозга.

Интересно отметить, что утрата некоторых генов редумерами могла бы усиливать, а не ослаблять активность отдельных хромосомных генов. Такое возможно, если соответствующий редумерный ген контролирует активность определенных супрессоров. Потеря редумерой супрессорной активности приведет к активации тех хромосомных генов, которые ранее были ингибированы благодаря действию супрессора. Тот же результат будет получен, если определенный редумерный ген сам по себе исполняет роль супрессора, и тогда его элиминация из редумеры приведет к активации соответствующих структурных генов хромосомы. Хотя большинство редумерных генов кодирует нетранслируемые РНК, ответственные лишь за регуляторные события в ядре, это не исключает возможности присутствия в некоторых редумерах белок-кодирующих генов. Важной особенностью возможных белок-кодирующих редумерных генов является то, что хромосомные оригиналы этих генов в норме надежно заглушены и входят в состав гетерохроматина.

Изменения в нейроэндокринной активности клеток мозга, будучи вызваны укорочением хрономер, управляют возрастными сдвигами уровней соответствующих нейральных рецепторов, гормонов, нейромедиаторов и других факторов в гипоталамусе и прочих центрах мозга. В свою очередь, эти сдвиги, происходящие по мере течения эндогенного (а не астрономического!) времени, служат ключевой движущей силой постепенного созревания развивающегося

организма. Однако после того, как созревание уже достигнуто, укорочение хрономер не прекращается (геронтологи сказали бы – увы). Вот та точка, где требовалось бы искусственное вмешательство в продолжительность жизни. Дальнейшая (уже после достижения полного физиологического созревания организма) убыль длины хрономер и их генов, в норме неотвратимо длящаяся, инициирует, пусть и неодновременно, старение различных систем организма. Причиной их старения является ослабление активности одних генов и усиление активности некоторых других, сдерживавшихся ранее благодаря хрономерному контролю, и, как итог этого, возникновение дисбалансов в метаболических и регуляторных цепях, а также потеря клетками их нормальных гомеостатических возможностей противостоять разнообразным внешним неблагоприятным воздействиям, включая чрезмерную физическую нагрузку и т. п. Дисбаланс ведет, в свою очередь, в частности, к усиленной выработке паразитарных свободных радикалов, служащих не для нормального осуществления биохимических процессов, а просто повреждающих клеточные структуры. Можно предположить, что чрезмерное укорочение редумер как в клетках мозга, так и на периферии может среди прочего вести к снижению эффективности антиоксидантных систем, защищающих организм от паразитарных свободных радикалов. Здесь уместно пояснить следующее. Свободно-радикальная гипотеза старения утверждает, как уже упомянуто выше, что свободные радикалы постепенно разрушают структуры организма, в том числе и ДНК. В действительности, если утверждения рассматриваемой редумерной теории старения справедливы, то можно утверждать, что свободно-радикальная модель ставит телегу впереди лошади. Вначале редумеры должны укоротиться, ухудшить метаболизм клеток, и только после этого появятся те самые паразитарные свободные радикалы, к которым апеллируют адепты свободно-радикальной модели. Свободные радикалы, кросс-сшивающие агенты и т. п. играют на самом деле лишь вторичную, подчиненную роль в процессе клеточного и организменного старения.

Несколькими примерами можно еще проиллюстрировать относительную разобщенность процесса клеточного старения и состояния теломер. Нормальные диплоидные эмбрио-

нальные клетки золотистого хомячка экспрессируют теломеразу, способную защищать теломеры, но тем не менее клетки подвергаются старению после 20–30 популяционных удвоений, выполнив которые они прекращают пролиферацию, увеличиваются в размере, обнаруживают ассоциированную со старением бета-галактозидазную активность, неспособность фосфорилировать RB-белок и входить в S-фазу в ответ на стимуляцию сывороткой. И все это – несмотря на высокую активность теломеразы и на то, что средняя длина теломер не убывает, оставаясь в среднем равной 23 тысячам пар нуклеотидов (Carman et al., 1998). Оказалось, что клеточное старение можно вызвать даже в иммортальной стабильной линии клеток HeLa (Goodwin, DiMaio, 2001). Это удастся несмотря на высокий уровень теломеразы и на фоне сильно удлинённых теломер, если только искусственно подавить (бычьим транскрипционным регуляторным белком) в клетках HeLa активные в них гены человеческого папилломавируса, реактивируя при этом туморосупрессорные пути p53 и Rb. Подобные данные, кстати, иллюстрируют то обстоятельство, что пролиферативную активность можно остановить разнообразными вмешательствами, а не только нехваткой предполагаемых редумерных РНК. В любом случае упомянутое наблюдение противоречит предположению, что укорочение теломер всегда должно быть сопряжено с клеточным старением. Известно, что клетки, подвергнутые сублетальным дозам стрессирующих повреждений (ультрафиолет, гамма-облучение, перекись водорода), входят в состояние, близко напоминающее репликативное старение. Стресс-индуцированное преждевременное старение можно вызвать как в трансформированных клеточных линиях, так и в hTERT-иммортизированных фибробластах человека, то есть в клетках, несущих высокую теломеразную активность, не говоря уж об обычных нормальных человеческих фибробластах (Gorbunova et al., 2002; de Magalhaes et al., 2002; Yegorov, Zelenin, 2003).

Почему экспрессия человеческой теломеразы не предотвращает старение сублетально стрессированных клеток? По-видимому, разрывы ДНК, возникающие в условиях сильных клеточных стрессов, приводят к аномальной релаксации хромосомной ДНК и потерям крупных блоков ДНК, которые обнаружили в теломерах фон Зглинцки

и соавторы (von Zglinicki et al., 2000). Потеря части ДНК из-за ее разрывов, обнаруженная в теломерах, вполне возможно, могла бы воспроизводиться и в редусомной ДНК, провоцируя ускоренное клеточное старения. Кроме того, в условиях стресса, гомеостатически стремясь противостоять ему, клетка может, вероятно, форсировать даже *in vitro* усиленную транскрипцию редумер, что, в свою очередь, могло бы приводить к скраптингу принтомер в культивируемых клетках, напоминаящему по своим последствиям для клетки тот скраптинг, который в норме происходит *in vivo* в хрономерах нейронов. Но и этим дело может не ограничиваться. Чрезмерная релаксация вследствие возникновения односторонних разрывов в хромосомной ДНК могла бы приводить, в частности, к утрате нормальными хромосомными гнездами их обычной конфигурации. В результате лежащая в релаксированном гнезде органелла может легко выпасть из гнезда в ходе клеточных митозов. Потеряв редусому со всеми ее генами, клетка вынуждена немедленно прекратить пролиферацию и постареть.

Горбунова и другие наблюдали, что популяция hTERT-иммортиализованных нормальных человеческих фибробластов содержит от 3 до 20 процентов клеток с выраженной морфологией старения. В этой субпопуляции повышен уровень p21 и гипофосфорилированного RB, тогда как длина теломер аналогична длине теломер успешно иммортиализованных клеток той же культуры. Более того, теломеразная активность в клетках с фенотипом старения оказалась, к удивлению самих авторов, повышенной по сравнению даже с успешно иммортиализованными клетками изучавшейся популяции. Они предположили, что опасной для клеток может быть и чрезмерная теломеразная активность (Gorbunova et al., 2003). Наблюдавшийся Горбуновой и другими эффект может иметь, конечно, разные объяснения. Одно из них – это аномально высокое связывание соответствующих белков на чрезмерно удлинённых теломерах. Однако возможно и иное, так сказать редумерное объяснение. Если теломераза создаст в человеческих фибробластах, акромеры которых она, по всей видимости, распознает, чрезмерно длинные защитные акромеры на торцах редусомной ДНК, то возникает следующая парадоксальная ситуация. Слишком длинная редусома окажется несовме-

стимой со своим хромосомным прокрустовым ложем: редусомное гнездо хромосомы теперь станет слишком маленьким для аномально выросшей органеллы, которая именно из-за своего гигантского размера будет потеряна клеткой, а клетки без этих своих жизненно важных органелл не способны поддерживать молодое состояние. Следует со всей определенностью подчеркнуть, что подобное обстоятельство следует принимать во внимание при разработке методов защиты редусом как средства геропротективной медицины, но, зная подводные камни, их легче обойти.

Итак, здесь рассмотрены некоторые ключевые особенности редумерной теории старения клеток и организма. Старение оказывается неразрывно связанным с казалось бы совершенно далеким от геронтологии вопросом – с особенностями регуляторного морфогенеза, в котором клетки интерпретируют собственную позиционную информацию с помощью выносимых за пределы хромосомной ДНК копий ее небольших сегментов, или редумер. Эти линейные двуспиральные молекулы ДНК с неизбежностью должны укорачиваться с течением времени, а их укорочение служит, в свою очередь, механизмом, неумолимо заставляющим нормальную клетку стареть. Понимание этого обстоятельства открывает возможности искусственного управления процессом биологического старения.

ЛИТЕРАТУРА

- Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения. СПб.: Наука, 2003. 468 с.
- Геодакян В.А. Эволюционная роль половых хромосом (новая концепция) // Генетика. 1998. Т. 34. С. 1171–1184.
- Оловников А.М. Принцип маргинотомии в матричном синтезе полинуклеотидов // Докл. АН СССР. 1971. Т. 201. № 6. С. 1496–1499.
- Оловников А.М. Иммунный ответ и процесс маргинотомии в лимфоидных клетках // Вестник АМН СССР. 1972. № 12. С. 85–87.
- Оловников А.М. Внутрядерные ионные фонтаны как регуляторы работы генома: фонтанная гипотеза доминантности и некоторых эпигенетических эффектов // Молекулярная биология. 2001. Т. 35. С. 163–176.
- Оловников А.М. Редусомная гипотеза старения и контроля биологического времени в индивидуальном развитии // Биохимия. 2003а. Т. 68 (1). С. 7–41.

- Оловников А.М. Редусомное старение: комментарии // Успехи геронтологии (СПб.). 20036. Т. 12. С. 28–45.
- Чадов Б.Ф. «Образ» регуляторного гена в опытах на дрозофиле // Генетика. 2002. Т. 38. С. 725–734.
- Чадов Б.Ф. и соавт. От генетики внутривидовых отличий к генетике внутривидового сходства // Генетика. 2004. Т. 40. С. 1–16.
- Andrews P.W. From teratocarcinomas to embryonic stem cells // Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 2002. V. 357. P. 405–17.
- Balercia G., Moretti S., Vignini A., Magagnini M., Mantero F., Boscaro M., Ricciardo-Lamonica G., Mazzanti L. Role of nitric oxide concentrations on human sperm motility // J. Androl. 2004. V. 25. P. 245–249.
- Beloussov L.V., Lakirev A.V., Naumidi I.I., Novoselov V.V. Effects of relaxation of mechanical tensions upon the early morphogenesis of *Xenopus laevis* embryos // Int. J. Dev. Biol. 1990. V. 34. P. 409–419.
- Beloussov L.V., Saveliev S.V., Naumidi I.I., Novoselov V.V. Mechanical stresses in embryonic tissues: patterns, morphogenetic role, and involvement in regulatory feedback // Int. Rev. Cytol. 1994. V. 150. P. 1–34.
- Beloussov L.V., Luchinskaia N.N. Biomechanical feedback in morphogenesis, as exemplified by stretch responses of amphibian embryonic tissues // Biochem. Cell Biol. 1995. V. 73. P. 555–563.
- Beloussov L.V., Louchinskaia N.N., Stein A.A. Tension-dependent collective cell movements in the early gastrula ectoderm of *Xenopus laevis* embryos // Dev. Genes Evol. 2000. V. 210. P. 92–104.
- Bodnar A.G. et al. Extension of life-span by introduction of telomerase into normal human cells // Science. 1998. V. 279. P. 349–352.
- Carman T.A., Afshari C.A., Barrett J.C. Cellular senescence in telomerase-expressing Syrian hamster embryo cells // Exp. Cell Res. 1998. V. 244. P. 33–42.
- Chiquet M., Renedo A.S., Huber F., Fluck M. How do fibroblasts translate mechanical signals into changes in extracellular matrix production? // Matrix Biol. 2003. V. 22. P. 73–80.
- de Magalhaes J.P., Chainiaux F., Remacle J., Toussaint O. Stress-induced premature senescence in BJ and hTERT-BJ1 human foreskin fibroblasts // FEBS Lett. 2002. V. 523. P. 157–162.
- Enikolopov G., Banerji J., Kuzin B. Nitric oxide and *Drosophila* development. Cell Death Differ. 1999. V. 6. P. 956–963.
- Fossel M. Cell senescence in human aging and disease // Ann. NY Acad. Sci. 2002. V. 959. P. 14–23.
- Fossel M. Cells, Aging, and Human Disease. Oxford: Oxford University Press. 2003.

- Goodwin E.C., Dimaio D. Induced senescence in HeLa cervical carcinoma cells containing elevated telomerase activity and extended telomeres // Cell Growth Differ. 2001. V. 12. P. 525–534.
- Gorbunova V., Seluanov A., Pereira-Smith O.M. Expression of human telomerase (hTERT) does not prevent stress-induced senescence in normal human fibroblasts but protects the cells from stress-induced apoptosis and necrosis // J. Biol. Chem. 2002. V. 277. P. 38540–38549.
- Gorbunova V., Seluanov A., Pereira-Smith O.M. Evidence that high telomerase activity may induce a senescent-like growth arrest in human fibroblasts // J. Biol. Chem. 2003. V. 278. P. 7692–7698.
- Hayflick L. The limited in vitro lifetime of human diploid cell strains // Exp. Cell Res. 1965. V. 37. P. 614–636.
- Hayflick L. Mortality and immortality at the cellular level // Biochemistry (Mosc). 1997. V. 62. P. 1180–1190.
- Hayflick L. How and why we age // Exp. Gerontol. 1998. V. 33. P. 639–653.
- Kasapoglu M., Ozben T. Alterations of antioxidant enzymes and oxidative stress markers in aging // Exp. Gerontol. 2001. V. 36. P. 209–220.
- Komuro I. et al. Mechanical loading stimulates cell hypertrophy and specific gene expression in cultured rat cardiac myocytes. Possible role of protein kinase C activation // J. Biol. Chem. 1991. V. 266. P. 1265–1268.
- Lin Y., Ceacareanu A.C., Hassid A. Nitric oxide-induced inhibition of aortic smooth muscle cell motility: role of PTP-PEST and adaptor proteins p130cas and Crk // Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol. 2003. V. 285. P. H710–H721.
- Meissner C., Mohamed S.A., Von Wurmb N., Oehmichen M. The mitochondrial genome and aging // Z. Gerontol. Geriatr. 2001. V. 34. P. 447–451.
- Natoli G., Saccani S., Bosisio D., Marazzi I. Interactions of NF-kappaB with chromatin: the art of being at the right place at the right time // Nat Immunol. 2005. V. 6. P. 439–445.
- Olovnikov A.M. A theory of marginotomy: The incomplete copying of template margin in enzymic synthesis of polynucleotides and biological significance of the phenomenon // J. Theor. Biol. 1973. V. 41. P. 181–190.
- Park S.W., Wei L.N. Regulation of c-myc gene by nitric oxide via inactivating NF-kappa B complex in P19 mouse embryonal carcinoma cells // J. Biol. Chem. 2003. V. 278. P. 29776–29782.
- Pavalko F.M. et al. A model for mechanotransduction in bone cells: the load-bearing mechanosomes // J. Cell Biochem. 2003. V. 88. P. 104–112.
- Rudel D., Sommer R.J. The evolution of developmental mechanisms // Dev. Biol. 2003. V. 264. P. 15–37.

Sastre J., Pallardo F.V., Vina J. Mitochondrial oxidative stress plays a key role in aging and apoptosis // IUBMB Life. 2000. V. 49. P. 427–435.

Schaap P. Guanylyl cyclases across the tree of life // Front. Biosci. 2005. V. 10. P. 1485–1498.

Skerry T.M., Suva L.J. Investigation of the regulation of bone mass by mechanical loading: from quantitative cytochemistry to gene array // Cell Biochem. Funct. 2003. V. 21. P. 223–229.

Skulachev V.P. Mitochondria, reactive oxygen species and longevity: some lessons from the Barja group // Aging Cell. 2004. V. 3. P. 17–19.

Vaziri H., Benchimol S. Reconstitution of telomerase activity in normal human cells leads to elongation of telomeres and extended replicative life span // Curr. Biol. 1998. V. 8. P. 279–282.

von Zglinicki T., Pilger R., Sitte N. Accumulation of single-strand breaks is the major cause of telomere shortening in human fibroblasts // Free Radic. Biol. Med. 2000. V. 28. P. 64–74.

Wolpert L. One hundred years of positional information // Trends Genet. 1996. V. 12. P. 359–364.

Wolpert L. Positional information in vertebrate limb development; an interview with Lewis Wolpert by Cheryll Tickle // Int. J. Dev. Biol. 2002. V. 46. P. 863–867.

Wolpert L. The progress zone model for specifying positional information // Int. J. Dev. Biol. 2002. V. 46. P. 869–870.

Yegorov Y.E., Zelenin A.V. Duration of senescent cell survival in vitro as a characteristic of organism longevity, an additional to the proliferative potential of fibroblasts // FEBS Lett. 2003. V. 541. P. 6–10.

Раздел IV

МОДЕЛИ ВРЕМЕНИ В МАТЕМАТИКЕ

ГЛАВА XII

Александр В. Коганов

Научно-исследовательский институт системных

исследований Российской академии наук;

кафедра темпоральной топологии

Web-Института исследований природы времени

<http://www.chronos.msu.ru>; koganow@niisi.msk.ru

Индукторные пространства как обобщенная модель пространства-времени*

Моделирование пространства-времени как носителя различных природных процессов возможно в форме математических пространств с особым типом топологии – индукторных пространств. При этом удается доказать ряд новых теорем, относящихся к теории моделирования процессов, теории относительности и квантовой механике.

Ключевые слова: *топология, индуктор, индукция, процесс, автомат, относительность, автоморфизм, дифференцирование, пространство-время.*

1. Интерпретация понятия индукторного пространства

Среди многочисленных взглядов на время как на явление природы можно выделить представление о нем как о носителе причинно-следственных связей между событиями. В этом качестве время похоже на канал связи или на сеть, соединяющую все события в единое целое. Такая сеть пронизывает не только моменты времени, но и точки пространства, в которых распределены события. При этом пространственные связи симметричны в том смысле, что две точки пространства могут взаимно влиять друг на друга. Но во времени циклы причин и следствий запрещены. Это топологическое описание необратимости времени не есть его объяснение. Однако оно содержит в себе подсказку, какого рода топологические конструкции нужны для моделирования процессов, распределенных в пространстве

* Работа поддержана грантом РФФИ № 07-01-00101а.

и времени, если требуется учитывать реальные свойства физического отношения причинности.

Таким топологиям с нарушенной симметрией отношения близости точек посвящена теория индукторных пространств. Сам термин возник от слова индукция (порождение) и относится к формированию события в точке под воздействием событий из ее пространственно-временной окрестности. Индукторное пространство как математическая конструкция состоит из множества точек, в которых происходят события, и из описания системы окрестностей для каждой точки. Для того, чтобы различать окрестность точки в обычных симметричных топологиях и в индукторных пространствах, для последних вводится термин *индуктор точки*. Главное конструктивное различие этих понятий в том, что в обычных топологиях задается общий класс открытых подмножеств точек, каждое из которых является окрестностью для любой из входящих в него точек, а в индукторных пространствах множество окрестностей (индукторов) задается отдельно для каждой точки. В обоих случаях имеются специальные требования, которым должны удовлетворять эти конструкции. В соответствующих теориях они играют роль аксиом.

Процесс на индукторном пространстве (индукторный процесс) описывается как оператор, задающий в каждой точке некоторое значение, интерпретируемое как состояние этой точки и как событие, ей соответствующее. В общем случае процесс предполагается неизолированным. Это значит, что на том же пространстве задан еще и некоторый внешний процесс, состояния которого влияют на состояния определяемого (основного) процесса. Внешний процесс называется распределенным управляющим воздействием, а его состояния – управлениями. Значение основного процесса в каждой точке может зависеть только от собственных состояний в других точках некоторого индуктора данной точки и от значений управляющих воздействий во всех точках этого же индуктора. При этом любой индуктор точки должен определить одно и то же ее состояние. Процесс управляющих воздействий не определяется однозначно, но оговаривается множество его возможных состояний и допустимых распределений этих состояний по пространству. Поэтому оператор основного процесса должен быть определен для всех таких распределений. Такой под-

ход позволяет моделировать как внешние воздействия, так и внутренние законы формирования состояний процесса.

Как математическая конструкция индукторное пространство имеет группу автоморфизмов: биекций на себя, при которых образ и прообраз каждого индуктора любой точки является индуктором ее образа и прообраза соответственно. Аналогичные биекции между разными пространствами называются изоморфизмами. Имеется теорема о том, что любая формальная группа изоморфна некоторой группе всех автоморфизмов некоторого индукторного пространства. Причем таких неизоморфных между собой пространств для каждой группы бесконечно много. Такое пространство называется изображением группы, а его автоморфизмы – представлением группы. Некоторые изображения групп, возникающих в теоретической физике, имеют самостоятельный физический смысл и дают топологическую интерпретацию свойствам физических объектов.

Особенно надо отметить изображение группы Лоренца в форме так называемой конической индукции на четырехмерном действительном пространстве. Система причинно-следственных связей моделируется в ней конусами (индукторами), осью которых является ось времени, а образующие соответствуют мировым линиям света. При размерности пространства больше двух у таких индукций нет автоморфизмов, кроме лоренцевых. Таким образом, релятивистская физика приобретает интерпретацию в форме специальной несимметричной топологии физического вакуума как четырех- и более мерного объекта.

В любом индукторе можно выделить внутренние точки, каждая из которых входит в индуктор вместе с каким-то своим индуктором, и граничные, у которых такого индуктора нет. Это соответствует принятому в топологии понятию внутренней точки подмножества, которая входит в это подмножество со своей окрестностью.

Среди процессов особую роль играют такие, у которых состояние в точке определяется по состояниям на границе любого индуктора и по распределению воздействий на этом индукторе. Такие процессы обобщают несколько типов процессов, используемых в различных приложениях математики. К ним относятся конечные автоматы, алгоритмы, обычные дифференциальные уравнения, уравнения в част-

ных производных, удовлетворяющие единственности решения краевой задачи: решение в области восстанавливается по граничным условиям. Процессы этого класса по указанной аналогии назовем индукторными автоматами.

В общем случае не все процессы таковы. Но имеется класс пространств, на котором любой процесс может быть представлен как индукторный автомат. Необходимое и достаточное условие этого называется *аксиомой полноты границы*: у любого индуктора объединение всех индукторов точек границы и его самого совпадает с объединением всех индукторов входящих в него точек.

Этому свойству удовлетворяет большинство используемых в математическом моделировании пространств. Например, в евклидовом пространстве, где индуктором точки можно считать замыкание содержащего ее открытого множества, указанное объединение совпадает со всем пространством. А в описанном выше пространстве с конической индукцией такое объединение соответствует световому конусу в прошлое для некоторой точки. В компьютерных сетях это объединение дает все потенциальные источники информации для данного элемента сети.

Характерным (не единственным) примером, где аксиома полноты границы не выполняется, является пространство, в котором у некоторой точки имеется индуктор без границы, не содержащий все индукторы этой точки. Этот эффект возникает, например, в евклидовом пространстве, если индуктором точки считать открытое множество, ее содержащее. Этот пример показывает, что переход от топологии к индукторному пространству неоднозначен по существенным свойствам.

Нарушение единственности решения краевой задачи соответствует неустойчивому поведению моделируемого явления. Оно характерно для макробиологических, психологических и социальных процессов, турбулентных и вихревых потоков, и т. п. Математические модели в этих ситуациях позволяют прогнозировать только усредненные характеристики, но не каждую конкретную реализацию. Неустойчивость вызвана тем, что процесс в каждой точке пространства и времени подвержен влиянию своих состояний и внешних воздействий из ближайшей окрестности по принципу накопления малых отклонений.

Представление процесса в форме индукторного автомата может создать ситуацию неустойчивости, которая связана с наличием нескольких несовпадающих распределений состояния в пространстве, удовлетворяющих одинаковым глобальным граничным условиям на всем пространстве и локальным граничным условиям на каждом индукторе. При этом только одно из этих распределений будет удовлетворять исходному определению процесса. Разделом теории индукторных пространств является описание пространств, где все индукторные автоматы устойчивы, и формирование устойчивых автоматных представлений произвольного процесса на любом пространстве с аксиомой полноты границы.

Оператор, описывающий автоматное представление индукторного процесса, называется локальным уравнением этого процесса. Это прямое обобщение дифференциальных уравнений и функций перехода на состояниях логических автоматов. Имеется обобщение процедуры дифференцирования на индукторные пространства со специально введенной векторной мерой расстояния между точками (Жоганов, 2002). Интересной особенностью таких локальных уравнений на пространствах с существенно несимметричной индукцией является ветвление решений в каждой точке, даже при аналитическом задании дифференциального оператора. Подобный эффект на дифференциальных уравнениях в обычных метриках достигается только на неаналитических операторах фрактального типа.

Например, уравнению $\frac{dy}{dx} = 0$ при односторонней (например, левой) интерпретации производной по x удовлетворяют все ступенчатые функции, непрерывные слева. Такое дифференцирование на прямой соответствует индукторам точки, имеющим вид отрезков, правым концом которых является эта точка. При аналогичном использовании конической индукции в многомерных пространствах у решений возникают разрывы по границам индукторов (это секущие поверхности конусов), напоминающие коллапс волновой функции при квантовании. По крайней мере, любой процесс квантования может быть описан как такой разрыв решения релятивистского волнового уравнения в пространстве-времени.

Анализ уравнений теории относительности и квантовой механики как уравнений в конических пространствах пока-

зал неожиданную дополнительную (а не совпадение) математических типов операторов, решающих в этих науках одинаковые по смыслу задачи. В релятивизме кинематика описывается самосопряженными, а измерения – проекционными операторами, а в квантовой механике – наоборот. Это означает, что одни и те же термины в этих разделах физики имеют различный смысл. Содержательная причина этого эффекта еще не вполне ясна, но, вероятно, она в различии между усредненными измерениями по ансамблю в квантовой механике и единичными наблюдениями в макромире теории относительности. При этом разным методикам измерения соответствует одинаковая размерность измеренных физических величин, но они имеют разную интерпретацию. Например, получение нулевого усредненного значения означает не нулевую интенсивность измеряемой величины, а только компенсацию ее положительных и отрицательных значений.

Кроме указанных выше общих теоретических проблем, индукторные пространства удобны для конкретных приложений в естественных науках и технике. Они позволяют непосредственно учесть в модели известные связи между компонентами моделируемого объекта с учетом их направленности и топологии. После этого функционирование объекта моделируется как процесс в полученной индукции. Однако это направление выходит за рамки данной статьи, где нас будет интересовать только аспект моделирования физического времени как природного феномена.

Связь теории относительности с индукторными пространствами подробно описана в работе А.В. Коганова (1999б) и, косвенно, в книге Д.Э. Либшера (1980). В работах А.В. Коганова (1996; 1999а) использована более сильная аксиоматика индукции, чем в данной статье, но ссылки корректны. Необходимые сведения по квантовой механике можно получить, например, в курсе Э. Вихмана (1977), а по специальной теории относительности – в книге Д.Э. Либшера (1980). Классические математические понятия, использованные в данной работе, можно найти в учебнике П.С. Александрова (1977) и в Математическом энциклопедическом словаре (1988).

Ниже излагается математическая теория вышеописанных эффектов.

2. Индукторные пространства – основные определения

Определение 2.1. Отношением индукции (И-отношением) на множестве T называется некоторое подмножество $I \subset T \times 2^T$, элементы которого обозначаются $[t, V]_I$, где t – центр индукции элемента, V – индуктор точки t . Индукторным пространством $[T, I]$ (И-пространством) называется множество T и отношение индукции I на нем, удовлетворяющее аксиомам (обозначим $I(x)$ множество индукторов точки $x \in T$):

1. Аксиома принадлежности. Центр индукции принадлежит любому своему индуктору: $[t, V]_I \Rightarrow t \in V$.

2. Аксиома транзита. Если $[t, V]_I$ и $[t', U]_I$ для $t' \in V$, то $[t, V \cup U]_I$. Предполагается, что такие объединения можно делать для любого (возможно, трансфинитного) числа элементов индукции.

Такое отношение индукции I будем называть индукцией на множестве точек T .

Замечание 2.1. Любое отношение индукции J может быть преобразовано в индукторное пространство $[T, I]$ путем расширения всех индукторов по аксиоме принадлежности и расширения полученного отношения замыканием по аксиоме транзита. Обозначение $I = \text{spase}(J)$.

Замечание 2.2. Направленный граф (колчан) – это отношение вида $I \subset T^2$. Топология – отношение вида $I \subset T^2$. Но колчаны и топологии могут быть описаны в форме индукторного пространства на том же множестве вершин и точек соответственно (Коганов, 1996; 1999а). Для топологии вводятся индукторы вида $[x, V]_I$, где V – любая окрестность $x \in T$. Для графа вводятся индукторы вида $[x, V]_I$, где V – любая n -окрестность по графу вершины $x \in T$. И далее надо воспользоваться замечанием 2.1.

Замечание 2.3. В приложениях индукцию на множестве можно интерпретировать как систему связей, обеспечивающую передачу информации, вещества или энергии по пространству (от индуктора к точке). Тогда аксиома транзита означает возможность последовательной передачи по нескольким точкам, а аксиома принадлежности – возможность передать из точки в себя. Эта интерпретация поясняет отнесение графов и топологий к индукциям. Однако

ниже будут описаны индукции, не являющиеся ни графами, ни топологиями, но имеющие важные приложения (Коганов, 1996; 1999а). Следующие определения области и внутренности множества соответствуют топологической интерпретации, но понятие границы существенно иное.

Определение 2.2. Для подмножества $M \subset T$ обозначим αM подмножество точек, входящих в M вместе с одним из своих индукторов (внутренность M). Индукторной границей (И-границей) множества назовем $\beta M = M \setminus \alpha M$. Объединение $\varphi t = \bigcup V \mid [t, V]_I$ всех индукторов точки $t \in T$ назовем полным индуктором этой точки. Полным индуктором множества назовем $\varphi M = \bigcup \varphi t \mid t \in M$. Обозначим $\gamma t = \bigcup \beta V \mid [t, V]_I$.

Замечание 2.4. И-граница на топологическом пространстве, преобразованном в И-пространство по замечанию 2.2, у любого открытого множества пустая. Избежать этого можно, изменив элементы индукции на $[x, V']_I$, где V – любая окрестность $x \in T$, а V' – ее замыкание в топологии. Тогда $\beta V'$ совпадает с топологической границей V .

Определение 2.3. Индукция $[T, I]$ топологически сильнее индукции $[T, I']$, если для любого элемента $[t, V]_I$ найдется элемент $[t, W]_{I'}$, в котором $W \subset V$. Две индукции на одном множестве точек $[T, I]$ и $[T, I']$ топологически эквивалентны, если обоюдно сильнее друг друга.

Замечание 2.5. Определенное выше отношение силы индукций соответствует стандартному определению для порожденных ими топологий (см., например, П.С. Александров, 1977). Если $I' \subset I$, то I сильнее I' , но возможна и эквивалентность без точного совпадения индукций. Если две функции f и g на T локально эквивалентны в точке t по индукции (т. е. $f(t) = g(t) \forall t \in V$ для некоторого $[t, V]_I$), то это сохраняется в более сильной или эквивалентной индукции.

3. Индукторные процессы и автоматы

Определение 3.1. Процессом на индукторном пространстве $[T, I]$ называется отображение вида $P: X^T \rightarrow Y^T$,

$$P: x(\cdot: \varphi t) \mapsto y(t) =_{\text{def}} P(x(\cdot: \varphi t), t) = P(x, t),$$

где X и Y – множества значений управляющего параметра $x(t)$ и значения процесса $y(t)$ (соответственно) в каждой точке $t \in T$; $x(\cdot: M)$ – распределение значений параметра (управ-

ления) по точкам указанного множества $M \subset T$; $P(x, t)$ – краткая запись.

Определение 3.2. Автоматом на И-пространстве называется отображение вида

$$A: X^T \times Y^T \rightarrow Y^T, A: (x(\cdot: V), y(\cdot: \beta V), t) \mapsto y(t) = A(x, y, [t, V]_I),$$

где $[t, V]_I$ – произвольный элемент индукции I . Значения процесса, заданного как автомат, называются состояниями. Процесс P представляется автоматом A , если его значение в каждой точке t может быть получено как функция от состояния этого автомата при одинаковом распределении управлений x .

Замечание 3.1. По определению процесс отображает распределенные по полному индуктору каждой точки управляющие параметры в значение процесса в этой точке. Автомат отображает управления, распределенные по внутренности индуктора произвольной точки, и состояния процесса, распределенные по границе этого индуктора, в состояние этой точки. Таким образом, автомат дает описание процесса через локальные связи между точками, определенные индукцией на пространстве. Известная конструкция конечного автомата получается из общего определения, если в качестве пространства использовать граф тактового времени ($1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow \dots$), в котором вершины обозначены их номерами, а индукторы точки j имеют вид $((j-k) \rightarrow (j-k+1) \rightarrow \dots \rightarrow (j))$ с границей $\{(j-k)\}$ и внутренностью $\{(j-k+1) \rightarrow \dots \rightarrow (j)\}$. Определение автомата принимает стандартный вид $y_j = A(x_{j-k}, \dots, x_j; y_{j-k})$, где A – матрица перехода на k тактов. Если обозначить произвольный элемент индукции вида $[t, V]_I$ при фиксированном t через $loc(t)$, то уравнение автомата принимает вид $y = A(x, y, loc(t))$, которое назовем *локальным уравнением* процесса.

Определение 3.3. На пространстве выполняется условие *полноты границ*, если для любого индуктора V выполняется $\varphi V = V \cup \varphi \beta V$. Для удобства описания определим на классе распределений вида $f(\cdot: m)$, $m \subset T$ операцию объединения:

$$f(\cdot: m) \cup f'(\cdot: u) = f''(\cdot: m \cup u) = f(\cdot: m) \mid f'(\cdot: u \setminus m).$$

Распределения согласованы, если $f(\cdot: m \cap u) = f''(\cdot: m \cap u)$. В этом случае операция коммутативна. Значение функции $f(t)$ в этой операции можно рассматривать как одноточечное распределение $f(\cdot: \{t\})$.

Теорема 3.1. Для того чтобы на данном индукторном пространстве $[T, I]$ любой процесс был представим автоматом, необходимо и достаточно выполнение условия *полноты границ*. При этом представление может быть сделано одним автоматом для всех процессов с заданными множествами управлений и значений.

Доказательство. Необходимость. По определению $\varphi V \supset V \cup \varphi \beta V$. Допустим, $\varphi V \setminus (V \cup \varphi \beta V) = U \neq \emptyset$ для некоторого элемента индукции $[t, V]$. Тогда можно построить процесс, не представимый автоматом. Введем множества управлений и значений процесса $X = Y = \{0; 1\}$. Выберем точку $t'' \in U$. Определим $P(x, t') = 0$ при $t' \neq t$ для всех управляющих распределений $x(\cdot; T)$; $P(x, t) = x(t'')$. Тогда для любого автомата A с множеством состояний S значение $s(t) = A(x(\cdot; \alpha V), s(\cdot; \beta V), t)$ не зависит от $x(t'')$, поскольку $t'' \notin \varphi \beta V \cup \alpha V$. Значит, автомат не представляет P . **Достаточность.** Пусть условие полноты границы выполняется и P – некоторый процесс с управлениями из X и значениями из Y . Определим множество состояний автомата как множество S всех распределений вида $x(\cdot; \varphi t), t \in T$. Определим процесс $s(t) = x(\cdot; \varphi t)$. Тогда для каждого $[t, V]_I$ имеет место равенство

$$s(t) = x(\cdot; \alpha V) \cup x(\cdot; \varphi \beta V) = x(\cdot; \alpha V) \cup s(\cdot; \beta V) =_{\text{def}} A(x, s, [t, V]),$$

где использовано объединение распределений на непересекающихся множествах. Это уравнение автомата. С другой стороны, $P(x, t) = P(x(\cdot; \varphi t), t) = P(s(t), t)$, что означает представимость процесса построенным автоматом.

Определение 3.4. Локальное уравнение называется *устойчивым*, если при каждом распределении управлений $x(\cdot; \alpha T)$ и любом распределении граничных состояний $y(\cdot; \beta T)$ оно имеет ровно одно решение $y(\cdot; T)$. Процесс называется *локально устойчивым*, если он представим автоматом и его локальное уравнение устойчиво. И-пространство называется *локально устойчивым*, если любое локальное уравнение на нем устойчиво. И-пространство $[T, I]$ называется *условно устойчивым*, если имеется подмножество элементов индукции $J \subset I$, которое топологически эквивалентно I и представимо как объединение локально устойчивых индукций. (В этом случае любое локальное уравнение можно рассматривать как устойчивое при ограничении $\text{loc}(t) \in J$ с сохранением локальности описания процесса). Локальная устойчивость

является и условной. Множество J назовем (локально устойчивым) топологическим структурированием индукции.

Для анализа устойчивости потребуются следующие понятия.

Определение 3.5. Транзитивной цепью в индукции $[T, I]$ называется последовательность вида $[t_1, V_1]_I, [t_2, V_2]_I, \dots$, где $t_{i+1} \in \beta V_i; i = 1, \dots$

Определение 3.6. Индикаторным автоматом называется следующее локальное уравнение с множеством состояний $\{0; 1\}$, не зависящее от управлений:

$$y(t) = \max\{y(t') \mid t' \in \beta \text{loc}(t)\}. \quad (3.1)$$

Теорема 3.2. Для локальной устойчивости индукции необходимо и достаточно, чтобы все транзитивные цепи были конечны (в частности, не циклические).

Доказательство. Необходимость. Допустим, имеется бесконечная или циклическая транзитивная цепь. Обозначим $W = \bigcup \beta V_i \mid i = 1, \dots$. Построим два распределения состояния $y(\cdot; T)$ и $y'(\cdot; T)$. Положим $y' \equiv 0$; $y(\cdot; \beta T) \equiv 0$ а для $t \notin \beta T$

$$y(t) = \begin{cases} 0 & \text{если } \gamma t \cap W = \emptyset \\ 1 & \text{иначе} \end{cases}.$$

Оба распределения являются решением (3.1). Но они не совпадают как минимум на всех V_i . Это следует из того, что каждый из этих индукторов содержит точку границы из W вне границы пространства βT , так как допускает продолжение транзитивной цепи. Следовательно, $y(\cdot; V_i) = 1$. Достаточность. Если условие теоремы выполнено, то при любом выборе покрытия $\text{loc}(t)$ на T граница T полностью покрыта границами элементов покрытия T , которые завершают максимальные транзитивные цепи. Следовательно, на центрах соответствующих элементов покрытия решение произвольного заданного локального уравнения определено однозначно граничным условием. Обозначим это множество точек W_I . Рассмотрим множество элементов покрытия, которые не вошли в предыдущее, но являются предпоследними элементами некоторых максимальных транзитивных цепей. Тогда их границы полностью лежат в $\beta T \cup W_I$. Следовательно, однозначно определены состояния в центрах соответствующих элементов покрытия.

Обозначим их множество W_2 . Продолжая такие построения, получим однозначное состояние на точках $W_3, W_4, \dots$. При этом по условию каждая точка $t \in T$ попадет в одно из этих множеств с конечным номером.

Следствие 3.1. Индикаторный автомат устойчив только на локально устойчивых пространствах (и на всех из них). Это следует из доказательства необходимости и того, что уравнение (3.1) определено на всех индукторных пространствах. Это значит, что если на заданной подиндукции $I' \subset I$ устойчив индикаторный автомат, то (и только тогда) устойчиво любое локальное уравнение с элементами $loc(t) \in I'$.

Следствие 3.2. И-пространство условно устойчиво тогда и только тогда, когда имеется подмножество элементов индукции $J \subset I$, которое топологически эквивалентно I и представимо как объединение индукций I' , удовлетворяющих условию теоремы 3.2.

Следствие 3.3. Класс локально устойчивых пространств состоит из колчанов без циклов, в которых все цепочки против стрел конечны.

Следствие 3.4. Важным примером условно устойчивых пространств является полупространство с конической индукцией, ограниченное гиперплоскостью, секущей для всех конусов – индукторов (Коганов, 1996; 19996). Такая индукция в полном пространстве R^n определяет преобразования Лоренца как полную группу своих автоморфизмов при размерности выше 2, и волновое уравнение является в ней инвариантным автоматом. Условная устойчивость полупространства означает единственность решения краевой задачи для этого уравнения.

Класс пространств, допускающих устойчивые представления процессов локальными уравнениями, значительно расширяется с помощью следующих понятий.

Определение 3.7. Пространство назовем *квазиустойчивым*, если любой процесс, представимый некоторым автоматом, может быть представлен устойчивым локальным уравнением. Пространство условно квазиустойчиво, если существует квазиустойчивое топологическое структурирование J индукции I (по аналогии с определением 3.4).

Теорема 3.3. Квазиустойчивость эквивалентна условию: при любом покрытии $\{loc(t) \mid t \in T\}$ от любой точки t (как от t_I) имеется конечная транзитивная цепь до любой точки

$t' \in \beta\varphi t, t' = t_n$. Соответственно, условная квазиустойчивость означает наличие топологического структурирования, все индукции которого удовлетворяют этому условию.

Доказательство. Достаточность. Пусть процесс P имеет представление некоторым локальным уравнением $y(t) = A(x, y, loc(t))$. Введем новое множество значений для процесса, состоящее из распределений состояний y по различным подмножествам: $Z = \{z = y(\cdot m) \mid m \subset T\}$. Построим локальное уравнение

$$z(t) = y(\cdot \beta\varphi t) = U y(\cdot \beta\varphi t') \mid t' \in \beta loc(t).$$

Заметим, что при любом распределении $y(\cdot T)$ объединяются согласованные распределения. В силу существования конечных транзитивных цепей от t до точек границы $\beta\varphi t$ это устойчивое уравнение. Поскольку $t \subset \beta T$, то по значениям $\{(t', z(t')) \mid t' \in \beta loc(t)\} = z(\cdot loc(t))$ и $x(\cdot loc(t))$ можно однозначно восстановить состояние $y(t) = A(x(\cdot \varphi t), y(\cdot \beta\varphi), t)$, соответствующее значениям процесса $P(x, t)$. Это означает, что z дает устойчивое представление P . Необходимость. Предположим, при некотором покрытии $loc(t)$ для некоторой точки t нет конечной транзитивной цепи до некоторой точки $t' \in \beta\varphi t$. Это означает, в частности, что можно построить бесконечную транзитивную цепь $[t_i, V_i]_I, i=1, \dots$, с началом в $t = t_1$. В качестве процесса P рассмотрим индикаторный автомат. Как показано выше, его локальное уравнение на этом покрытии неустойчиво. Рассмотрим отношение индукции I' , состоящее из элементов этого покрытия. Допустим, имеется устойчивое локальное уравнение с некоторым множеством значений Z (и не зависящее от управлений) вида $z(t) = A(z(\beta loc(t)), t)$ такое, что $P(t) \mid_{y(\cdot \beta\varphi t)} = y(t) = f(z(t))$. Пусть распределение $z(\cdot T)$ соответствует граничному условию $y(\cdot \beta T)$, где $y(t') = 0$, а $z'(\cdot T)$ соответствует $y'(\cdot \beta T), y'(t'') = y(t'')$ при $t'' \neq t', y'(t') = 1$. Обозначим $W = \bigcup \beta V_i \mid i=1, \dots, Q = \{t'' \mid \beta loc(t'') \cap W \neq \emptyset\}$. Положим $z''(\cdot Q) = z'(\cdot Q)$, $z''(T \setminus Q) = z(\cdot T \setminus Q)$. По определению W , оба распределения z и z'' согласованы с граничными условиями $y(\cdot \beta T)$, поскольку точка $t' \notin W$. Положим $y'(\cdot T \setminus \{t'\}) = y(\cdot T \setminus \{t'\}) = 0$. Тогда $f(z(t)) = 0$, а $f(z''(t)) = 1$, что противоречит предположению устойчивости локального уравнения $z = A$.

Следствие 3.5. Индукторное пространство, порожденное евклидовой топологией на областях с границей, не является ни условно устойчивым, ни квазиустойчивым, но явля-

ется условно квазиустойчивым. В качестве квазиустойчивого топологического структурирования можно выбрать покрытия шарами с данным радиусом, который в этом случае является параметром отношения индукции.

Замечание 3.2. Факт, указанный выше, является причиной, по которой в уравнениях математической физики приходится ограничивать класс функций условием достаточной гладкости. Оно обеспечивает единственность решения краевой задачи, поскольку делает представительными различные схемы с конечными шагами. С другой стороны, это же условие позволяет записывать локальные операторы в дифференциальной форме. В общем случае можно приблизить форму локальных уравнений к уравнениям в частных производных, определяя не только значение функции в точке, но и ее класс локальной эквивалентности.

Теорема 3.4. Если задано локальное уравнение $y(t) = A(x, y, \text{loc}(t))$, то оно эквивалентно уравнению

$$y(:\text{loc}(t)) = A'(x, y, \text{loc}(t)) = A'(x(:\text{loc}(t)), y(:\text{loc}(t)))$$

для некоторого оператора A' .

Лемма 3.1. У каждой внутренней точки $t' \in \alpha V$ индуктора $[t, V]_I$ имеется индуктор $[t', W]_I$ такой, что $\beta W \subset \beta V$. *Доказательство.* Допустим обратное: у некоторой $t' \in \alpha V$ любой индуктор W' имеет $u' = \beta W' \setminus \beta V \neq \emptyset$. Рассмотрим $W = UW' \mid [t', W']_I, W' \subset V$. По аксиоме транзитивного объединения $[t', W]_I$. Обозначим u' для W через u . Тогда по предположению и по аксиоме транзитивного объединения, точки u не имеют индукторов внутри V , иначе индуктор такой точки вошел бы в W , а это противоречит $u \subset \beta W$. Следовательно, $u \subset \beta V$, что противоречит предположению. Лемма доказана, из нее непосредственно следует теорема 3.4, если положить

$$A'(x(:\text{loc}(t)), y(:\beta \text{loc}(t))) = y(:\beta \text{loc}(t)) \cup \bigcup A(x, y, \text{loc}(t')) \mid t' \in \alpha \text{loc}(t) \& \beta \text{loc}(t') \subset \beta \text{loc}(t).$$

4. Проекционный оператор локального уравнения

Определение 4.1. Идемпотентным оператором p , действующим на некотором множестве S , называется отображение $p: S \rightarrow S$, удовлетворяющее соотношению $p^2 = p$. Проекционным оператором называется линейный идемпотентный оператор, действующий на линейном простран-

стве (см., например, Математический энциклопедический словарь, 1988).

Теорема 4.1. Устойчивое локальное уравнение при каждом распределении управлений определяет идемпотентный оператор на множестве распределений состояний на индукторном пространстве, который отображает произвольное распределение состояний в распределение, являющееся решением этого уравнения.

Доказательство. Пусть на $[T, I]$ задано устойчивое локальное уравнение $y(t) = A(x, y, \text{loc}(t))$, $t \in T$, $y(t) \in Y$, $x(t) \in X$. Считаем распределение управлений $x(:T)$ фиксированным. Тогда каждому распределению состояний $y(:\beta T)$ соответствует единственное решение $y(:T)$, которое обозначим $A|y(:\beta T)$. Рассмотрим произвольное распределение состояний $y'(:T)$. Определим оператор $py' = A|y'(:\beta T) = y(:T)$. По определению решения локального уравнения $y'(:\beta T) = y(:T)$. Но тогда $p^2 y' = py' = A|y'(:\beta T) = A|y'(:\beta T) = y(:T) = py'$. В силу произвольности исходного распределения y' доказана идемпотентность оператора p .

Определение 4.2. Для произвольного отображения вида $p: S \rightarrow S$ (на некотором множестве S) назовем стандартным линейным представлением (над алгебраическим полем k) линейный оператор H_p на пространстве $L(S, k)$ функций вида $f: S \rightarrow k$, определенный равенством: $H_p f(s) = f(ps)$, $s \in S$.

Теорема 4.2. Стандартное линейное представление имеет следующие свойства:

а) Для любых двух отображений p и q на общем множестве S верно $H_{pq} = H_q H_p$.

б) Отображение p однозначно определяется по H_p его действием на функции – индикаторы подмножеств.

в) Если p действует как биекция на некотором подмножестве $W \subset S$ и J_W – индикатор подмножества W , то левый линейный оператор $J_W H_p$, где умножение на функцию поточечное, действует как представление группы степеней p на пространстве $L(W, k)$.

г) Если p – идемпотентный оператор, то ему соответствуют подмножества прообразов точек $s \in S$ (возможно, пустые для некоторых точек) $b(s) = \{s' \mid ps' = s\}$, и pS – множество стационарных точек p . Тогда H_p – проектор на подпространство собственных функций, которые определяются уравнением $f(s') = f(s)$ при $s' \in b(s)$.

Эти свойства проверяются непосредственно из определений.

Следствие 4.1. Если локальное уравнение устойчиво, то ему соответствует проекционный оператор на пространстве функционалов, определенных на распределениях состояний процесса. В частности, это верно для уравнений в частных производных, удовлетворяющих условию единственности решения краевой задачи. Заметим, что сам оператор перехода от произвольного распределения состояний к решению уравнения может не быть линейным, даже если линеен дифференциальный оператор уравнения. Этому мешает фиксированная правая часть уравнения, не содержащая искомой функции – решения. Однако он всегда идемпотентный.

Следствие 4.2. Теория относительности (ТО) и квантовая механика (КМ) имеют взаимно дополнительные типы операторов кинематики и измерения (табл. 1).

Табл. 1. Операторная структура КМ и ТО

Тип оператора	Кинематика	Измерение
Теория относительности	самосопряженный (преобразования Лоренца)	проекционный (ортопроекция событий на мировую линию наблюдателя)
Квантовая механика	идемпотентный (решение краевой задачи в уравнении Шредингера)	самосопряженный (эрмитовы операторы на пространстве волновых функций)

5. Пространства с конической индукцией

Определение 5.1. Коническим пространством $Rc[n]$ называется индукция на R^n , где порождающей системой индукторов точки y являются конусы, записываемые в некоторой системе координат $x_1, \dots, x_n$ в виде

$$0 \leq (x_1 - y_1)^2 - (x_2 - y_2)^2 - \dots - (x_n - y_n)^2, \quad 0 \leq x_i \leq H, \quad H > 0.$$

Если требовать $|x_i| \leq H$, то пространство называется биконическим $Rb[n]$. Автоморфизмы по структуре индукторов являются автоморфизмами пространства; обозначение, в частности, $aut Rb[n]$ или $aut Rc[n]$.

Известно (Коганов, 1996), что для $Rb[n]$ и $Rc[n]$ все линейные автоморфизмы образуют каноническое действие группы Лоренца $Lor[n]$ на R^n , а инвариантные, с точностью до коэффициента, метрики – это метрики Минковского. Ниже описана

полная группа автоморфизмов (не только линейных). Поскольку коническая индукция инвариантна относительно параллельного сдвига, следующие теоремы сформулированы и доказаны для неподвижного начала координат.

Теорема 5.1. $aut Rc[1]$ – это все положительно монотонные автоморфизмы R^1 ;

$$aut Rc[2] = aut Rc[1] \times aut Rc[1] \times S_2 \times R^2,$$

где действие S_2 – инверсия оси x_2 , т. е. перестановка образующих плоского конуса;

$$aut Rc[n] = Lor[n] R_+ \cdot R^n, \quad n \geq 3,$$

где действие R_+ – равномерное растяжение на R^n .

Теорема 5.2. $aut Rb[1]$ – это все монотонные биекции R^1 , т. е.

$$aut Rb[1] = aut Rc[1] \times S_2 \cdot R^1;$$

$$aut Rb[2] = aut Rc[1] \times aut Rc[1] \times S_2 \times S_2 \cdot R^2,$$

где действие $S_2 \times S_2$ – инверсия осей R^2 – перестановка образующих и инверсия оси конуса;

$$aut Rb[n] = Lor[n] \times R_h \cdot R^n \quad \text{при } n > 3,$$

где действие R_h – равномерное растяжение и инверсия оси конуса.

В обеих теоремах действие $Lor[n]$ – каноническое действие аффинной группы Лоренца. Таким образом, это действие фактически определяется инвариантностью конической индукции при размерности выше 2.

Доказательство теорем. Группы $aut Rb[n]$ и $aut Rc[n]$ отличаются только прямым домножением на инверсию оси конуса x_1 , которая обусловливается соответствующей симметрией порождающей системы биконической индукции. Достаточно провести доказательство для конической индукции.

Случай $n=1$. В этом случае коническое пространство – это «направленная прямая»: окрестностью точки является отрезок, в котором эта точка – его правый (для определенности) конец. Непрерывные отображения в такой индукции – это функции, непрерывные слева. Автоморфизм как непрерывная биекция на себя может быть только (и любой) строго монотонной непрерывной действительной функцией, не ограниченной в обе стороны.

Случай $n=2$. В этом случае конус – индуктор точки – это угол с вершиной в точке. При автоморфизме этот угол не

меняется, поскольку у всех конусов индукторов этот угол одинаков (базовый угол) и соответственные стороны разных углов параллельны. Перейдем в систему координат, оси которой параллельны сторонам базового угла пространства с началом в некоторой точке $(0,0)$ и направляющими e, t . На линиях этих векторов порождена индукция направленной прямой. Если U – автоморфизм, то либо

$$U(x,y)=U(xe+yt)=U(0,0)+V(x)e+W(y)t,$$

где V, W – автоморфизмы направленной прямой, либо

$$U(x,y)=U(xe+yt)=U(0,0)+V(x)t+W(y)e,$$

где V, W – их взаимные гомеоморфизмы. Это соответствует теореме 5.1.

Случай $n=3$. Для доказательства утверждения теоремы достаточно показать, что все автоморфизмы линейны, т. е. переводят прямые линии только в прямые, поскольку группа линейных автоморфизмов конуса совпадает с действием группы Лоренца. Введем термины. И-конус – конус с неограниченной образующей, объединяющей все индукторы одной точки. С-линия – прямая, продолжающая образующую И-конуса. С-плоскость – плоскость, в каждой точке касательная к некоторому И-конусу. Т-линия – прямая, идущая внутри И-конуса. Т-плоскость – плоскость, образованная параллельными Т-линиями. Р-плоскость – секущая плоскость для И-конусов. Р-линия – прямая, лежащая в Р-плоскости. Соответственно, будем обобщенно говорить о С-объектах, Т-объектах и Р-объектах.

Лемма 5.1. Автоморфизм конического пространства непрерывен в топологии R^n .

Доказательство. Предположим, что последовательность точек $r(1), r(2), \dots$ сходится к точке r . Тогда можно построить последовательность вложенных И-конусов $(K(i)|i=1, \dots)$ с вершинами в некоторых точках $g(1), g(2), \dots$ и высотами $H(1), H(2), \dots$, где $\lim_{i \rightarrow \infty} g(i) = r, \lim_{i \rightarrow \infty} H(i) = 0$, причем все $r(j), j \geq i$ содержатся внутри конуса $K(i)$. Единственной общей точкой всех конусов является точка r . После применения произвольного автоморфизма u И-конусы $K(1), K(2), \dots$ перейдут во вложенную систему И-конусов $\{uK(i)|i=1, \dots\}$ с единственной общей точкой ur . При этом образы $ur(j), j \geq i$, содержатся внутри И-конуса $uK(i)$. Отсюда следует, что $\lim_{i \rightarrow \infty} ur(i) = ur$. Лемма 5.1 доказана.

Лемма 5.2. Любая Р-прямая является пересечением двух С-плоскостей.

Доказательство. Любая плоскость, касательная по образующей к И-конусу, является С-плоскостью. Рассмотрим Р-прямую L . По определению она не лежит внутри какого-либо И-конуса. Выберем точку r на L и расположим там вершину И-конуса, не имеющего с L других точек пересечения. Проведем две касательные плоскости к конусу, проходящие через L . Такие плоскости всегда существуют для конуса и прямой, проходящей через вершину с внешней стороны. Поскольку любая плоскость, касательная к И-конусу, является С-плоскостью, то лемма 5.2 доказана.

Лемма 5.3. Любой автоморфизм переводит С-объект в С-объект и Р-объект в Р-объект того же типа. Т-линия переходит в непрерывную линию внутри И-конуса (не утверждается, что в прямую).

Доказательство. По определению автоморфизма образ и прообраз любого И-конуса является И-конусом. Поскольку биекция строго монотонна по вложению подмножеств, граница (поверхность) И-конуса переходит в поверхность образа. Любая С-линия есть линия касания двух И-конусов, один из которых внутри другого (касание по образующей). Это пересечение двух поверхностей И-конусов, которое переходит в аналогичное касание, т. е. образ С-линии опять С-линия. Тогда С-плоскость переходит в непрерывное множество, состоящее из непересекающихся С-линий. На произвольной С-плоскости B выберем произвольную точку r и проведем через нее С-прямую L , по которой B касается конуса K . По каждой такой прямой С-плоскости касается бесконечно много И-конусов, вершины которых лежат на L . Рассмотрим последовательность И-конусов $(K(i)|i=1, \dots)$, вершины которых $g(1), g(2), \dots$ неограниченно удаляются от r по L . Тогда кривизна поверхности конуса $K(i)$ в точке r с ростом i убывает до 0. Это означает поточечную сходимость поверхностей $K(i)$ к B в том смысле, что расстояние каждой точки С-плоскости до ближайшей точки поверхности конуса стремится к нулю. Это расстояние для каждого i – непрерывная функция точки плоскости, поэтому на любом ограниченном подмножестве плоскости B сходимость равномерная. По лемме 5.1 при любом автоморфизме образ B будет поточечным пределом образов поверхностей конусов $K(i)$, а это снова будет С-пло-

скость, поскольку автоморфизмы сохраняют вложенные системы И-конусов. Таким образом, все С-объекты при автоморфизмах переходят в С-объекты того же типа.

По лемме 5.2 образ Р-прямой является пересечением образов двух С-плоскостей, а это, по доказанному выше – пересечение двух С-плоскостей, внешнее к И-конусу (образу И-конуса из доказательства леммы 5.2), т. е. Р-линия. Поскольку на Р-плоскости все линии являются Р-линиями, то при автоморфизме все прямые на Р-плоскости перейдут в прямые. Любые три прямые, пересечение которых образует треугольник, переводятся автоморфизмом в такие же прямые. В силу непрерывности (лемма 5.1) и биективности автоморфизма этот треугольник образов определяет плоскость, являющуюся образом исходной. Все прямые в образе будут Р-прямыми, поэтому образ остается Р-плоскостью.

Внутренность И-конуса переходит при автоморфизме во внутренность И-конуса. Поэтому из леммы 5.1 следует переход Т-линии в непрерывную линию внутри образа И-конуса. Лемма 5.3 доказана.

Лемма 5.4. Автоморфизмы линейны на С-объектах и Р-объектах.

Доказательство. Для Р-плоскости это доказано при доказательстве леммы 5.3. Поскольку каждая Р-прямая принадлежит какой-то Р-плоскости, то автоморфизм линеен и на ней. На С-плоскости, касательной к И-конусу и, следовательно, не входящей в него, все прямые – либо С-прямые, либо Р-прямые. Каждая из этих прямых переходит при автоморфизме в прямую. Значит, автоморфизм линеен на С-плоскости. Поскольку каждая из С-прямых входит в какую-нибудь С-плоскость, то и на С-прямых отображение линейное. Лемма 5.4 доказана.

Завершение доказательства теоремы. Зададим некоторую Р-плоскость A и С-линию B . Любая точка R^n может быть разложена в векторную сумму $x=a+b$, $a=a(x) \in A$, $b=b(x) \in B$. Любая прямая в R^n для некоторых векторов $a \in A$, $b \in B$ может быть записана в параметрической форме $x(t)=at+bt$, t – действительное число. При каждом t точку x можно интерпретировать как конец ломаной, построенной из двух отрезков at и bt , которую запишем $ta*tb$. После применения автоморфизма u эта ломаная (по лемме 5.4) перейдет в $tua*tub$. Разложив образы по исходному базису, получим

$ua=v+w$; $ub=f+g$, где $v, f \in A$; $w, g \in B$; $ux(t)=t(v+f)+t(w+g)$, но это значит, что произвольная прямая в коническом пространстве переводится автоморфизмом в прямую, т. е. при $n=3$ все автоморфизмы линейны.

Случай $n>3$. Заметим, что в доказательстве для $n=3$ нигде не было использовано отображение конического пространства на себя. Доказано, что гомеоморфный образ трехмерного конического пространства всегда – линейное отображение. Допустим, это доказано для $n=m$. Перейдем к $n=m+1$. Математическая индукция. Выберем некоторый базис: $R^n=L\{e_0, e_1, \dots, e_n\}$, e_0 – ось И-конуса. Можно записать алгебраическую сумму: $R^n=L\{e_0, e_1, \dots, e_m\}+L\{e_0, e_1, \dots, e_{m-2}, e_n\}$. Каждое из слагаемых – m -мерное коническое пространство. При автоморфизме (или изоморфизме) u , по предположению индукции, образы этих подпространств будут подпространствами того же типа, причем отображение u действует на них как линейное. Из биективности отображения u следует сохранение размерности пространства. Если задана некоторая прямая $l \subset R^n$, то всегда можно выбрать e_1, e_2 так, чтобы $l \subset L\{e_0, e_1, e_2\}$, и, следовательно, $l \in L\{e_0, e_1, \dots, e_m\}$. Это достигается последовательной ортогонализацией тройки векторов $e_0, v, w-v$, где w и v – любые две различные точки на прямой l . Поэтому образ ul будет прямой линией. Это завершает индукцию и доказательство теоремы.

6. Дифференциалы на индукторных пространствах

Определение 6.1. Для подмножества M на индукторном пространстве $[T, I]$ назовем предельной точку x , в любом индукторе которой есть точки из M . Множество таких точек назовем пределом M и обозначим

$$\text{Lim}(M|I) = \{x | [x, U]_I \Rightarrow U \cap M \neq \emptyset\}. \quad (6.1)$$

Определение 6.2. Если на множестве T задано две индукции I и J , то назовем J непрерывной по I , если предел любого множества по J содержит предел этого множества по I :

$$\forall M \subseteq T \text{ Lim}(M|I) \subseteq \text{Lim}(M|J). \quad (6.2)$$

Определение 6.3. Вектор-расстоянием на индукторном пространстве $[T, I]$ назовем вектор-функцию вида $r: T^2 \rightarrow R^n$, где n – размерность расстояния:

$$r(x,y)=(r_1(x,y),\dots,r_n(x,y)) \text{ для } x,y \in T, r_i(x,y) \in R. \quad (6.3)$$

Модуль-расстоянием для вектор-расстояния r назовем его норму

$$\|r\|(x,y) = \|r(x,y)\| = \sqrt{((r_1)^2, \dots, (r_n)^2)}, \quad x,y \in T. \quad (6.4)$$

Для данного вектор-расстояния *шаром* радиуса z с центром в точке x назовем множество точек

$$S_r(x,z) = \{y \mid \|r(x,y)\| \leq z\}. \quad (6.5)$$

Обозначим I_r индукцию, порожденную шарами как индукторами центров:

$$I_r = \text{spase}\{[x, S_r(x,z)] \mid x \in T; z > 0\}. \quad (6.6)$$

Потребуем $r(x,x)=0$ и непрерывность I_r по I в смысле (6.2).

Замечание 6.1. Используемая в (6.4) евклидова норма вектор-расстояния не является обязательной. Требование непрерывности по индукции совпадает для топологически эквивалентных норм.

Определение 6.4. Локальным оператором Q со значениями в множестве M на классе функций F с областью определения T , на которой задана индукция I , называется отображение $Q: F \times I \rightarrow M$, обладающее следующим свойством. Если $f, g \in F$, и для некоторого индуктора $V \in I(x)$ $f(y)=g(y)$ при всех $y \in V$, то

$$Q(f,W)=Q(g,W) \quad \forall W \in I(x). \quad (6.7)$$

В частности, $Q(f,W)=Q(f,W')$ для всех $W, W' \in I(x)$, $x \in T$. Это значение будем считать значением оператора для функции f в точке x , хотя оно зависит от значений функции в некотором (любом) индукторе этой точки, и обозначать $Q(f)(x)$.

Ранее было доказано, что локальными операторами можно описывать любые процессы на И-пространствах, если выполнены некоторые дополнительные требования к индукции. Ниже строится обобщение понятия производной и дифференциала в форме локальных операторов на функциях.

Определение 6.5. Пусть имеются два индукторных пространства $[T, I]$, $[P, J]$ и некоторое отображение $q: I \rightarrow P$. Скажем, что точка $y \in P$ входит в *минорный предел* по q в точке $x \in T$, если для любого $W \in I(x)$

$$y \in \text{Lim}(\{q(x,V) \mid V \in I(x), V \subset W\} J). \quad (6.8)$$

Обозначение: $y \in \text{Lim}(q)_I(x)$ или $y = \text{lim}(q)_I(x)$, если предельная точка единственная.

Утверждение 6.1. Локальный оператор (6.7) всегда можно представить в форме минорного предела D . Действительно, зададим на множестве $P=M$ индукцию $J=\{[y, \{y\}] \mid y \in M\}$. Тогда $Q(f)(x) = \text{lim}(Q(f, \cdot))_I(x)$.

Утверждение 6.2. Если в индукторном пространстве $[T, I]$ для некоторой точки $x \in T$ выполнено $\bigcap I(x) \in I(x)$, то для любого оператора q из определения 6.5

$$q(x, \bigcap I(x)) = \text{lim}(q)_I(x) \quad (6.9)$$

Достаточно подставить в (6.8) $W = \bigcap I(x)$. Тогда имеется единственное $V=W$, что и доказывает единственность предела.

Следствие. В условиях утверждения 6.2 все локальные операторы в точке $x \in T$ имеют вид

$$Q(f)(x) = Q(f, \bigcap I(x)). \quad (6.10)$$

Определение 6.6. Предположим, что на индукторном пространстве $[T, I]$ с n -мерным вектор-расстоянием r задана мера L , по которой измеримы все индукторы. Для числовой функции $f: T \rightarrow K$, где K – используемое числовое поле, назовем линейной аппроксимацией на элементе индукции $[x, V]_I$ n -вектор $B=B(x, V)$, для которого достигается

$$\min \left\{ \int_{y \in V} \|f(y) - f(x) - Br(x, y)\| dL(y) \right\}, \quad (6.11)$$

где произведение векторов скалярное.

Замечание 6.2. Если использовать норму вариации на функциях, то можно определить линейную аппроксимацию без меры:

$$B = B(x, V) : \min_{B \in K^n} \max_{y \in V} \left\{ \left| \int_{y \in V} f(y) - f(x) - Br(x, y) \right| \right\}. \quad (6.12)$$

Более общая формула использует произвольную норму $N_V\{\cdot\}$ на пространстве функций с областью определения V :

$$B = B(x, V) : \min_{B \in K^n} N_V \{ |f(y) - f(x) - Br(x, y)| \}. \quad (6.13)$$

Такой комплекс будем обозначать $[T, I; r, N, K]$. Возможна неоднозначность вектора B .

Определение 6.7. Индукторная производная (И-производная) функции f в точке x на пространстве $[T, I; r, N, K]$ определяется как

$$f' = \frac{df}{dr} = \lim(B)_- I(x). \quad (6.14)$$

Это определение выделяет класс И-дифференцируемых (в точке, на пространстве или на его подмножестве) функций, для которых есть единственность предела (6.14).

Определение 6.8. Вариативная индукторная производная допускает множество возможных значений в точке:

$$\{f'\} = \left\{ \frac{df}{dr} \right\} = \text{Lim}(B)_- I(x). \quad (6.15)$$

Замечание 6.3. Если поле K пополнено до компакта, то (6.15) – непустое множество для любой функции в любой точке. Поэтому вариативная производная не выделяет специального класса функций. Неоднозначность значения (6.15) может быть обусловлена как предельным переходом, так и неоднозначностью значений $B(x, V)$.

Теорема 6.1. Если функция f И-дифференцируема в точке x , то для любого $V \in I(x)$

$$N_V\{f(\cdot) - f(x) - Br(x, \cdot)\} \leq N_V\{f(\cdot) - f(x) - f'(x)r(x, \cdot)\} + N\{Ar(x, \cdot)\}, \quad (6.16)$$

$$\text{где } A \in K^n, \lim(\|A\|)_- I(x) = 0. \quad (6.17)$$

Доказательство. По условию выполнено условие сходимости (6.14). Это значит, что для любого $a > 0$ существует индуктор $W \in I(x)$ такой, что для любого индуктора $V \subset W$ выполняется $\|B(x, V) - f'(x)\| < a$. Обозначим $A = B(x, V) - f'(x)$. Тогда $\|A\| < a$, откуда следует (6.17). По определению

$$f(y) - f(x) - Br(x, y) = f(y) - f(x) - f'(x)r(x, y) - Ar(x, y), \quad (6.18)$$

откуда (6.16) следует как неравенство треугольника для нормы N_V .

Определение 6.9. Функция f имеет в точке x на пространстве $[T, I; r, N, K]$ сильную производную, если

$$\lim \left(\frac{N_V \{f(\cdot) - f(x) - B(x, V)r(x, \cdot)\}}{\|r(x, \cdot)\|_V} \right)_- I(x) = 0. \quad (6.19)$$

Утверждение 6.3. Если функция $f(\cdot)$ имеет в точке x сильную производную, то она имеет И-производную $f'(x)$, которую в этом случае будем обозначать $f^*(x)$.

Доказательство. Предположим, что И-производная не определена. Тогда множество $\{f'(x)\}$ содержит более одной точки. Пусть $B_1, B_2 \in \{f'(x)\}$, $B_1 \neq B_2$. Тогда имеется два подмножества элементов индукции $J_1, J_2 \in I(x)$, для которых $\lim(B(x, V))_- J_i = B_i$, $i = 1, 2$. Следовательно, $\|B_1 - B_2\| = O(\|r(x, \cdot)\|_V)$, откуда

$$N_V\{f(\cdot) - f(x) - B(x, V)r(x, \cdot)\} = O(\|r(x, \cdot)\|_V).$$

Это означает, что не выполнено определение (6.19).

Теорема 6.2. Если функция $f(\cdot)$ имеет в точке x сильную производную $f^*(x)$, то выполнено условие дифференциала:

$$N_V\{f(\cdot) - f(x) - f^*(x)r(x, \cdot)\} = o(\|r(x, \cdot)\|_V). \quad (6.20)$$

Доказательство. По (6.19) $N_V\{f(\cdot) - f(x) - Br(x, \cdot)\} = o(\|r(x, \cdot)\|_V)$. По теореме 6.1

$$N_V\{f(\cdot) - f(x) - Br(x, \cdot)\} = N_V\{f(\cdot) - f(x) - f^*(x)r(x, \cdot)\} = o(\|r(x, \cdot)\|_V).$$

Из этих соотношений непосредственно следует (6.20).

Утверждение 6.4. В условиях утверждения 6.2 $f'(x) = B(x, \bigcap I(x))$. Это непосредственно следует из определения 6.7 и (6.9).

Замечание 6.4. Формулы теоремы 6.1 для И-производных являются аналогом известной формулы обычного приближенного дифференцирования $\Delta f / \Delta x = f' + o(\Delta x)$. Аналог формулы дифференциала $\Delta F(x + \Delta x) = f' \Delta x + o(\Delta x)$ возникает в теореме 6.2. Утверждение 6.4 соответствует конечной разности на сетях.

Определение 6.10. Направленной прямой назовем, следуя работе автора (1996), пространство $Rc[I] = [R, I_+, r]$, где $R = (-\infty; \infty)$, $I_+ = \{[x, [x - u; x]]_{I_+} \mid x \in R, u > 0\}$, $r(x, y) = x - y$.

Замечание 6.5. Направленная прямая возникает при исследованиях однонаправленных процессов (например, топология времяобразных линий в теории относительности при представлении группы Лоренца в конических пространствах (Коганов, 19996)).

Утверждение 6.5. На направленной прямой в норме (6.12) сильная производная соответствует обычной односторонней производной слева:

$$f^*(x) = \lim_{z \rightarrow 0} \left\{ \frac{f(x + z) - f(x)}{z} \right\}.$$

(Доказывается непосредственно.)

Утверждение 6.6. Пусть для функции f на действительной прямой R задано однородное по $t \in R$ дифференциальное уравнение вида $Df=U$, где D – дифференциальный оператор, U – правая часть, не содержащая производных. И пусть имеется семейство решений этого уравнения вида $f(\cdot|P, t_0)$, где t_0 – начальная точка на R , P – набор начальных данных, однозначно определяющих решение. Тогда решения этого уравнения на $Rc[1]$ задаются двусторонней последовательностью

$$Q=\{(P_i, t_i)\}, t_i \in R, t_i < t_{i+1}, i=\dots, -1, 0, 1, \dots$$

и имеют вид

$$f(t|Q)=f(t-t_i+t_0|P_i, t_i)\} \text{ при } t_i < t \leq t_{i+1}.$$

Доказательство непосредственно следует из однородности уравнения и непрерывности построенной функции слева.

Например, решением уравнения $\frac{df}{dt}=0$ будут любые непрерывные слева ступенчатые функции.

ЛИТЕРАТУРА

Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию. М., 1977.

Вихман Э. Квантовая физика. Берклиевский курс физики. Т. 4. М.: Наука, 1977. 415 с.

Коганов А.В. Processes and Automorphisms on Inductor Spaces. Russian Journal Mathematic Physic. Vol. 4. № 3. 1996. P. 315–339.

Коганов А.В. Автоморфизмы конических индукторных пространств // Вопросы кибернетики (Алгебра, Гипергеометрия, Вероятность, Моделирование). М.: РАН, 1999а. С. 182–189.

Коганов А.В. Индукторные пространства, как средство моделирования // Вопросы кибернетики (Алгебра, Гипергеометрия, Вероятность, Моделирование). М.: РАН, 1999б. С. 119–181.

Коганов А.В. Локальные операторы и дифференцирование на индукторных пространствах // Математика. Компьютер. Образование. Вып. 9. Ч. 2. М.: Ижевск: R&C-Dynamica, 2002. С. 373–384.

Либшер Д.Э. Теория относительности с циркулем и линейкой. М.: Мир, 1980. 149 с.

Математический энциклопедический словарь, статья «Идемпотент». М.: Советская энциклопедия, 1988. С. 223.

Раздел V

МОДЕЛИ ВРЕМЕНИ В ТЕОРИИ СИСТЕМ

ГЛАВА XIII

Александр П. Левич

Кафедра общей экологии Биологического
факультета МГУ им. М.В. Ломоносова;
кафедра моделирования природных референтов времени
Web-Института исследований природы времени
<http://www.chronos.msu.ru>; apl@chronos.msu.ru

Поиск законов изменчивости систем как задача темпорологии*

Л. Эйлер полагал, что путем общих «метафизических» рассуждений можно найти ту величину, которую «экономит» природа и полученный экстремальный принцип в скрытом виде уже будет содержать все нужные законы природы, найти которые в явной форме – дело простой математической ловкости. Г. Лейбниц считал, что экстремальные принципы справедливы потому, что «мы живем в лучшем из миров». Чем же так хорош окружающий нас мир? В современном знании возникли предпосылки для возврата к программе Эйлера.

Деятельность теоретика-модельера по описанию естественных и антропных систем базируется на подборе подходящих математических структур. Для оперирования классами структурированных множеств предназначена математическая теория категорий и функторов. Система может быть формально описана категорией, содержащей класс объектов – состояний системы и класс морфизмов – допустимых структурой системы способов преобразований одних состояний в другие. Состояния систем, описываемых математическими структурами, могут быть упорядочены методами теории категорий по «степени их структурированности». Постулировано, что динамика системы определяется принципом максимальной структуры: из заданного состояния система переходит в то состояние, структура которого максимальна (в пределах доступных системе ресурсов).

Предложен строгий метод, позволяющий каждому состоянию системы сопоставить числовую функцию, значения которой изменяются монотонно по отношению к степени структурированности состояния и могут служить ее мерой. Значение этой функции рассчитывают через количество допустимых системой неэквивалентных преобразований. Эта функция обобщает понятие «количество элементов», определенное для бесструктурных множеств, на множества со структурой. Эта функция может быть интерпретирована как обобщение статистической энтропии и может быть названа обобщенной (структурной, функторной, теоретико-

* Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 08-06-00073а).

категорной) энтропией. Структурная энтропия получена вне каких-либо статистических или вероятностных предпосылок.

Принцип максимальной структуры должен быть переформулирован как принцип максимума (обобщенной) энтропии. От Второго начала термодинамики его отличают применение к открытым (в самом общем смысле) системам и обязательное требование ограничений по ресурсам.

Введены и сопоставлены представления о собственных временах систем: время категорное, время системное, время структурное, время энтропийное и время метаболическое. Категорное и системное времена описывают качественные аспекты изменчивости систем. Структурное, энтропийное и метаболическое времена предоставляют способы количественного измерения изменчивости, т. е. вводят различные типы часов для измерения собственного времени систем. Экстремальный принцип может быть переформулирован как принцип минимального метаболического времени.

Теоретико-категорное описание систем включает необходимые компоненты динамических теорий: элементарные объекты, пространство состояний, способы изменчивости и способы ее измерения.

Полученные результаты позволяют предложить для отыскания законов изменчивости систем формализм, обобщающий формализм Джейнса.

Ключевые слова: *экстремальные принципы, энтропия, время, уравнения движения, теория категорий и функторов, формализм Джейнса.*

1. Уравнения движения или экстремальный принцип?

Главный для меня мотив изучения времени – надежда обнаружить пути вывода, а не угадывания законов изменчивости систем или, другими словами, – вывода фундаментальных уравнений их движения (движения – в самом общем смысле). В статье «Почему скромны успехи...» из методологического раздела этой книги предъявлены необходимые компоненты любой динамической теории, обязательно предшествующие этапу формулировки закона изменчивости. Среди этих компонентов – набора элементарных объектов, пространства состояний, способов изменчивости и методов ее измерения – наименее разработаны в нынешнем теоретическом знании последние два, непосредственно относящиеся к предмету темпорологии.

Существует не так уж много вариантов формального представления фундаментальных законов в теоретическом естествознании (см. раздел о компонентах динамических

теорий в статье «Почему скромны успехи...» в методологической главе этой книги). Самый распространенный из них – так называемые, уравнения движения. Например, уравнения Ньютона в классической механике, уравнение Шредингера в нерелятивистской квантовой механике, уравнение Дирака для релятивистского случая, уравнения Эйнштейна в общей теории относительности... Уравнение движения – это постулат, изобретенный гением, имя которого становится именем фундаментального закона.

Другой распространенный вариант – формулирование экстремального принципа. Например, в физике известны принцип наименьшего времени распространения света П. Ферма, принцип наименьшего действия П. Мепертюи, принцип максимальной энтропии, принцип минимума производства энтропии... В биологии известны принцип наибольшей приспособленности Ч. Дарвина, принцип максимальной экспансии, более дюжины экстремальных экологических принципов¹ и т. п. Угадывание постулата-уравнения заменяет в теориях, основанных на экстремальных принципах, угадывание (т. е. то же постулирование) функции или функционала, поиск экстремума которых методами вариационного исчисления приводит к описанию движения или развития исследуемой системы. Теории, построенные с помощью постулатов-уравнений или постулатов-функционалов, как правило, эквивалентны друг другу, а именно, вариационные методы позволяют для любого заданного функционала выписать уравнения движения в форме уравнений Эйлера–Лагранжа, а для любого уравнения движения можно подобрать функционал, для которого оно является уравнением Эйлера–Лагранжа.

Однако экстремальные принципы, на мой взгляд, обладают большей обобщающей и эвристической силой. Рассмотрим пример камня, брошенного под углом к горизонту. Почему он движется по параболе? Объясняя явление, можно указать на квадратичное уравнение равнопеременного движения. Само это уравнение представляет следствие второго закона Ньютона для тела, движущегося под действием постоянной силы. Возможно и более общее объяснение – через движение по геодезической линии, которая является решением уравнения Эйнштейна в общей теории относительности. И уравнение Ньютона, и уравнение

Эйнштейна могут быть получены из принципа наименьшего действия. Однако уравнение равнопеременного движения относится к узкому классу движений под действием постоянной силы, второй закон Ньютона описывает движения под действием произвольных сил в слабых полях и с невысокими скоростями, уравнения Эйнштейна уже не связаны и этими ограничениями, а принцип наименьшего действия применим ко всем формам механического, электромагнитного и ряда других движений.

Мысль о том, что «природа действует простейшим образом», чрезвычайно стара и послужила источником многих научных идей и методических приемов. Всем экстремальным принципам присущи две основные черты: крайний лаконизм и простота и в то же время крайне общий и универсальный характер (Голицын, Левич, 2004). В XIX веке установилась позитивистская точка зрения, согласно которой экстремальные принципы – суть только изящная и компактная упаковка для большого числа опытных фактов, не вносящая ничего нового в уже известные законы. Научная революция XX века, вызванная в физике теорией относительности и квантовой механикой, привела к пересмотру роли и места экстремальных принципов. Требования релятивистской инвариантности удается удовлетворить наиболее последовательным образом, только исходя из вариационных формулировок законов природы. Сложилось убеждение, что основные законы физики (а весьма вероятно, что и любой другой науки) должны иметь форму экстремальных принципов (Полак, 1960).

Открытие экстремальных принципов в свое время породило надежду подойти к законам природы не только «снизу», путем индукции, обобщения фактов, но и «сверху», путем дедукции от экстремальных принципов. Л. Эйлер, в частности, считал, что для этого нужно только путем общих «метафизических» рассуждений найти ту величину, которую «экономит» природа в данной области знания (т. е. «целевую функцию», «функционал»), и сформулировать соответствующий экстремальный принцип. В скрытом виде этот принцип содержит все нужные законы, и получить их в явной форме – дело простой математической ловкости. Несмотря на соблазнительную простоту этой программы, реализовать ее ни разу не удалось – ни

самому Эйлеру, ни тем, кто пытался следовать за ним. Причина этого достаточно очевидна: не существовало никакого регулярного метода для отыскания экстремизируемой величины. Механике и оптике в этом смысле «повезло»: соответствующие величины были для них достаточно простыми и, в сущности, могли быть найдены путем перебора. Но уже в термодинамике максимизируемая величина – энтропия – не обладала ни простотой, ни достаточно очевидным физическим смыслом. После ряда неудач программа Эйлера по отысканию законов природы «сверху» была заброшена. Более того, сами вариационные принципы были взяты под подозрение и «урезаны в правах» вследствие своего рода «телефобии», которой была заражена позитивистски настроенная наука.

Позднее незаметно и, как это часто бывает, без лишней рефлексии наука вновь полностью вернулась к идеям экстремальности. Широкое распространение (Gzyl, 1995) в науках естественного и гуманитарного циклов получил принцип максимума энтропии. С его помощью решают задачи в статистической физике, экологии, математике, лингвистике, кибернетике, экономике, психологии, теориях коммуникаций, надежности, распознавания образов и т. д. Основная проблема в применении этого принципа состоит в отсутствии явных процедур для сопоставления каждой из исследуемых систем адекватного ее природе энтропийного функционала. Даже в прародительнице энтропии – статистической физике – подходы к расчету энтропии в интересующих исследователя случаях крайне ограничены (как сетовал И. Пригожин (1985, с. 93), «формулировка второго начала с точки зрения современного физика представляет собой скорее программу, чем утверждение, допускающее однозначную интерпретацию, так как ни Томпсон, ни Клаузиус не указали точный рецепт, позволяющий выразить изменение энтропии через наблюдаемые величины»). Поэтому обычная практика при работе с принципом максимума энтропии состоит в постулировании для исследуемой системы какого-либо аналога формул Больцмана или Шеннона. Наиболее последовательно указанная тенденция проявляется в так называемом формализме Джейнса. Метод исследования систем Эдвина Томсона Джейнса состоит из нескольких рекомендаций (Jaynes, 1957):

1. Сопоставить допустимым состояниям системы определенные значения вероятности их реализации.

2. Сформулировать в виде равенств ограничения на макропараметры системы (например, законы сохранения энергии, числа частиц и т. д.).

3. Отыскать равновесное состояние системы методом множителей Лагранжа как решение задачи на условный максимум с функционалом в форме шенноновской энтропии.

Появившись в конце 60-х годов прошедшего века в статистической физике, формализм Джейнса процветал по многим областям знания, добавив к проблеме обоснования энтропийного функционала и проблему адекватного выбора ограничений на его экстремум, поскольку до решения вариационной задачи не известно, для каких макропараметров должны выполняться ограничения в виде строгих равенств.

Но почему же в мире действуют экстремальные принципы? Готфрид Вильгельм Лейбниц считал – потому, что мы с вами живем в «лучшем из миров». Я бы хотел додумать эту мысль – в чем конкретно наш мир так хорош, что в нем действуют экстремальные принципы? Движет мной не только любопытство, но и потребность науки в поиске законов изменчивости мира, особенно в тех исследовательских областях, в которых гениальное угадывание фундаментальных уравнений еще не свершилось.

2. Категории вместо множеств

Уверенность в том, что «книга природы написана языком математики», выразил еще Галилей. С тех времен познание законов – устойчивых, повторяющихся, воспроизводимых связей в явлениях природы – как правило, сопряжено с определенными математическими структурами.

И уравнения движения, и экстремальные принципы – это инструменты теоретического естествознания. Единственный путь построения формальной теории, открытый для теоретика, состоит в подборе математической структуры, удачно описывающей интересующий исследователя фрагмент реальности. Например, эмпирическое пространство описывают трехмерным многообразием действительных чисел. Совокупность «точечных» событий мира можно описать четырехмерным многообразием Минковского

с псевдоевклидовой метрикой или метрикой, учитывающей риманову кривизну. Совокупность состояний атома принято описывать векторами в бесконечномерном гильбертовом пространстве или – равносильным образом – полем бесконечных матриц. Экологическое сообщество удобно описывать множествами со структурой разбиений.

Да и сама математика, по словам многоголового автора эпохи Н. Бурбаки (1963), представляет собой переплетение нескольких математических структур – алгебраической, топологической и структуры порядка. Длительный, многовековой процесс математизации естественных наук показал и то, что каждая фундаментальная естественно-научная теория в своих основаниях связана с весьма специфическими разделами математики. Например, чтобы сформулировать законы механики, Ньютоном пришлось создать дифференциальное и интегральное исчисления; теория поля неотделима от уравнений в частных производных и векторного анализа; статистическая физика – от теории вероятностей; теория относительности – от тензорного исчисления; квантовая механика – от теории бесконечномерных гильбертовых пространств.

В современной науке возникли предпосылки – идеи и разработки – для возврата к программе Эйлера. К концу XX столетия сформировалась область математического знания, позволяющая оперировать полными совокупностями одинаково структурированных множеств, а также устанавливать соответствия между классами структурированных объектов с различной аксиоматикой. Эта область – теория категорий и функторов (Букур, Деляну, 1972; Цаленко, Шульгейфер, 1974; Голдблатт, 1983; Джонстон, 1986) – включает в себя и способы сравнения по «степени структурированности» различных состояний моделируемых систем. Другими словами, на самом абстрактном уровне описания систем возникает конструктивная возможность рассчитывать количественные характеристики состояний и с их помощью выявлять экстремальные состояния системы (Акчурин, 1974; Месарович, Тахикара, 1978; Левич, 1982; Егоров и соавт., 1990; Lequizamon, 1993; Levich, Solov'yov, 1999; Левич, 2000).

До самого недавнего времени наиболее общими рамками (явно сформулированными или неявно предполагавшимися)

теоретического описания систем во всякой естественно-научной теории были рамки теории множеств – любой объект исследований должен принадлежать некоторому множеству. Это приносило до сих пор, скажем, в физике и химии положительные результаты, поскольку в таких областях становилась автоматически применимой вся основанная на теории множеств математика. Но насколько концептуальная база теории множеств достаточна для построения теории любых систем? Не окажется ли более соответствующей специфике «не точных» наук теория категорий и функторов, альтернативная теории множеств в плане построения оснований математики?

Если в теории множеств конструкция отображения, или функции является производной и вспомогательной по отношению к самим множествам, то в теории категорий преобразование объектов (объекты – аналоги множеств) входят в аксиоматическое определение категории наравне с объектами. Более того, объекты оказываются частным, предельным случаем преобразований. Таким образом, при категориально-функторном описании систем акцент переносится с «застывших», «мертвых» состояний объектов на различные формы их движений и преобразований. Предметом исследования становятся не столько состояния систем, сколько совокупности способов их преобразований (вспомним, что именно такая черта, как постоянное обновление, смена, преобразование материального субстрата, есть одно из отличий большинства естественных и антропных систем).

Одними из первых в области приложения конструкций теории категорий к описанию и анализу естественных процессов и систем были работы школы математической биологии Н. Рашевского. В начале 50-х годов XX века в работах Н. Рашевского были заложены основы абстрактной биологии, существенно использующей средства теории категорий для математического моделирования биологических явлений и процессов. Концепции, введенные Н. Рашевским, получили дальнейшее развитие в работах Р. Розена, сформулировавшего принципы реляционной биологии. Р. Розен впервые применил теорию категорий с целью математического обоснования и унификации реляционной биологии и построил теорию представлений биологических систем

в категориях. Абстрактный категориально-функторный подход к системному описанию биологических явлений и процессов развивался в последующие годы в нескольких направлениях различными исследователями в области математической биологии. В результате этих исследований были построены теория систем Р. Розена, описывающая существенные особенности, обусловленные взаимосвязью метаболических и генетических процессов в живой клетке; теория «молекулярных множеств» А. Бартоломея; теория организмических суперкатегорий А. Баяну, реализующая на основе теории категорий потенциал концепции организмических множеств Н. Рашевского, и энергетическая теория абстрактных экосистем К. Легизамона. Ряд биологических проблем теории систем исследовал М. Арбиб. Формальный математический аппарат теории категорий и функторов был создан С. Эйленбергом и С. Маклейном в процессе разработки алгебраических основ теории групп гомологий и когомологий, топологических комплексов, сопряженных пространств и других объектов математики. Впоследствии выяснилось, что теория категорий и функторов является универсальной формой математического познания в той его части, которая формулируется в терминах математических структур.

Две уже упоминавшиеся особенности теоретико-категориального описания систем позволяют думать, что язык теории категорий более адекватен для описания реальности, нежели язык теории множеств. Они заслуживают того, чтобы напомнить о них еще раз. Первая особенность – возможность оперировать сразу всей совокупностью одинаково структурированных множеств, 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 структурные способы изменения объектов, т. е. преобразования состояний системы. Это позволяет заменить теоретико-множественное идеализированное представление мира в виде «застывших» объектов на адекватное миру представление его процессами.

Итак, будем формально описывать систему категорией структурированных множеств². Категория представляет

собой объединение двух классов – класса объектов и класса морфизмов. Класс объектов – это совокупность всех одинаково структурированных множеств. На языке теории систем объект – это состояние системы. Таким образом, класс объектов представляет пространство состояний системы. Представления об изменчивости системы на языке теории категорий формализованы как изменения базового множества при сохранении его структуры.

Пространство состояний 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» (или по Гуцу (2004), «безвременными») свойствами: все состояния сосуществуют в нем (независимо от момента времени, в который они реализуются), а не альтернативны. И, если назвать пространство состояний «категорным временем», то отмеченные «вневременные» свойства роднят его с понятием вечности, которая содержит в себе все возможные события «изменчивого» Мира. Реальная же изменчивость системы – последовательность состояний, или траектория в пространстве состояний – может быть названа ее «системным временем».

Класс морфизмов категории – это совокупность определенных преобразований, заданных для каждой пары объектов. На языке теории систем морфизмы – допустимые структурой системы способы изменения объектов³. Замечу, что если классы объектов каких-либо двух категорий совпадают, но допустимые преобразования в классах морфизмов различны, то мы имеем дело с различными категориями (которые описывают различающиеся системы). Например, система, для преобразования состояний которой допустимы произвольные соответствия, отличается от той, где те же множества преобразуются взаимно однозначно. Процессы, происходящие в первой системе, богаче, чем во второй, – в ней допустимы переходы между состояниями с переменным числом элементов, в то время как во второй системе число элементов в разных состояниях одинаково.

3. Принцип экстремальной структуры

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 упорядочении. 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. Назовем сформулированное утверждение «*принципом экстремальной структуры*».

Теория категорий и функторов представляет аппарат, позволяющий 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» (Левич, 1982), 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 не сравнимыми 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 категории 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). Доказательство этой теоремы, а также строгие формулировки приводимых здесь утверждений содержатся в работе, специально посвященной применению теории категорий и функторов для описания систем (Левич, 1982). Предложенный метод сравнения структурированных множеств называется «функторным сравнением структур», а количество допустимых преобразований структурированных множеств – их «функторными инвариантами», или «функторными числами»⁴. Замечу, что функторные числа представляют собой следующее за структурными числами обобщение понятия «количество элементов» (Левич, 2000). 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.

Уже проведенные и дальнейшие рассуждения должны продемонстрировать путь по созданию метода расчета (а не угадывания) экстремизируемых функций при применении методологии экстремальных принципов. На этом пути нам необходимо сделать следующий шаг. Количество допустимых структурой системы преобразований зависит от двух характеристик структурированного множества: от количества элементов в нем и от заданной на множестве структуры. Если мы хотим, чтобы экстремизируемая функция отражала именно свойства структуры, то вместо общего количества допустимых преобразований необходимо использовать удельное их количество (т. е. количество, приходящееся на один элемент множества всех преобразо-

ваний). Величина, обратная введенному таким образом удельному инварианту, оказывается равной числу неэквивалентных (во вполне определенном математическом смысле) преобразований⁵. Можно показать, что величины, обратные к удельным функторным инвариантам, упорядочены так же, как сами функторные инварианты, т. е. задачу о поиске экстремальных состояний систем они способны решать так же, как предшествующее обобщение чисел.

4. Структурная энтропия систем

Полученная конструкция, связанная с функторными инвариантами структуры системы, известна в науке под несколько другим именем. Чтобы разъяснить это, назову сохраняющуюся при определенных допустимых преобразованиях структуру состояния системы его «макросостоянием», а допустимые этой структурой преобразования – его «микросостояниями». В новых терминах величина, обратная к удельному инварианту, оказывается количеством неэквивалентных микросостояний, соответствующих заданному макросостоянию. Позволим себе теперь взять логарифм (по основанию, большему единицы, чтобы упорядочение прологарифмированных величин не изменилось на противоположное) от этого числа микросостояний. (Можно полагать операцию по взятию логарифма данью традиции, а можно подождать обоснования этой процедуры, которое скоро появится в нашем изложении.) В полученной конструкции искушенный читатель сразу узнает римейк больцмановского определения энтропии. Поэтому назову логарифм числа неэквивалентных допустимых преобразований данного состояния системы его «обобщенной энтропией» (синонимы: теоретико-категорная, функторная, структурная энтропия). Все сказанное выше позволяет считать обобщенную энтропию, во-первых, мерой структурированности состояний системы (можно уточнить – мерой удаленности состояния от его бесструктурного аналога, энтропия которого равна нулю) и, во-вторых, функцией состояния, непосредственно связанной с обобщением понятия количества элементов для структурированных множеств. Замечу, что возникшая конструкция энтропии получена вне каких-либо статистических или вероятностных предпосылок. Величина

обобщенной энтропии может быть строго рассчитана для состояний любых систем, эксплицируемых математическими структурами. Она может быть вычислена для состояний, описываемых множествами с любым – большим или малым – количеством элементов. Вероятностные интерпретации могут возникать при рассмотрении определенных типов систем, но они совершенно не обязательны для расчетов энтропии. Для некоторых математических структур, например для множеств с разбиениями, формула для обобщенной энтропии близко совпадает с формулами для энтропии идеального газа Л. Больцмана или для энтропии каналов связи К. Шеннона⁶. Функторные инварианты многих (а возможно, и всех) математических структур могут быть выражены через инварианты ассоциированных со структурами разбиений. Возможно, этот математический факт объясняет «вездесущность» появления энтропии при описании самых различных естественных и антропных систем. А упомянутая выше связь конструкции энтропии с обобщением понятия «количество элементов» может служить методическим обоснованием методологического принципа, согласно которому «числа правят миром». Таким образом, появляется строгий метод расчета энтропии систем, поддающихся (или – нет, см. сноску 2) формальному описанию с помощью математических структур, и алгоритм порождения целевых функций для экстремальных задач⁷.

В рамках поставленной задачи по поиску экстремального принципа проследим цепочку возникших в ходе исследования формулировок:

- 1) Следует отыскивать экстремальное состояние системы.
- 2) Для системы, моделируемой структурированными множествами, следует отыскивать состояние с экстремальной (например, с наиболее «сильной») структурой.
- 3) Следует отыскивать состояние системы, обладающее наименьшим удельным функторным инвариантом или наибольшим количеством неэквивалентных допустимых структурной системы преобразований.
- 4) Следует отыскивать состояние, обобщенная энтропия которого максимальна.

5. Системы и ресурсы

Осталось сделать заключительный шаг на пути формулирования искомого экстремального принципа. Этот шаг не следует из предшествующих построений, а связан с таким свойством изменяющихся систем, как открытость по отношению к потребляемым ресурсам. Я исхожу из исследовательской установки, утверждающей, что любые изменяющиеся системы потребляют некоторый ресурс (Левич, 2009). Такое утверждение очевидно для систем, открытых по отношению к энергии или веществу, менее очевидно – для изолированных систем, например, если изменение представляет собой механическое движение закрытой системы. (Ресурсом, «потребляемым» такой движущейся системой, можно считать (Левич, 1996) необходимое для движения пространство.) Впрочем, не согласный с моей установкой читатель может полагать, что рассмотрен лишь класс открытых в его понимании систем. Я постулирую (см. статью автора в физическом разделе этой книги и процитированные в статье более ранние работы), что наша Вселенная открыта для субстанциональных потоков, принадлежащих глубинным уровням строения материи и, возможно, не идентифицируемых современными экспериментальными технологиями. Любые изменения (и любое движение, в частности) прямо или косвенно индуцированы этими потоками, которые являются ресурсами, «потребляемыми» меняющимися системами. Именно потребляемые системой ресурсы задают последовательность состояний, лукаво заменившую подлежащий определению термин «время» в определение системного времени.

«Ресурс» субстанциональных потоков не только порождает последовательность смены состояний, но и ограничивает степень их изменчивости, поскольку без ограничения по ресурсам требование реализации максимальной структуры свелось бы к неограниченной экспансии системы. Из-за этого в экстремальном принципе, порождающем закон изменчивости, экстремум обязательно должен быть условным и появление представлений об ограничивающих ресурсах необходимо, а не случайно.

В силу сказанного искомым принцип может звучать следующим образом: *из заданного состояния система переходит в такое состояние, для которого обобщенная энтропия максимальна в пределах, задаваемых доступными системе*

ресурсами. Замечу, что среди состояний, в которые переходит заданное состояние, рассматривается и оно само. Упоминание об ограничениях ресурсами – основное отличие приведенного принципа от Второго начала термодинамики (действующего исключительно в закрытых системах). Безусловный максимум энтропии, требуемый Вторым началом, приводит к однородному распределению характеристик системы, называемому «тепловой смертью». Условный экстремум энтропии для открытых, но ограниченных по ресурсам систем влечет неоднородные распределения. Причем степень их неоднородности может быть сколь угодно велика в зависимости от различий компонентов исследуемой системы по «потребностям» в ресурсах, ограничивающих развитие (Левич, 1980).

Предложенный экстремальный принцип имеет важную темпоральную интерпретацию. Для меня понятие времени является синонимом изменчивости объектов в мире. Часы есть способ измерения, или параметризации, этой изменчивости. Системным временем названа последовательность состояний меняющейся системы. Каждому последовательному состоянию системы – «моменту» ее системного времени – в рамках теоретико-категорного описания соответствует «сила структуры» этого состояния. Согласно принятому принципу максимальной структуры «сила структур» возрастает монотонно системному времени. Время, задаваемое структурными числами состояний, можно назвать «структурным временем» системы. Энтропийный экстремальный принцип влечет монотонное увеличение энтропии состояний вдоль траектории изменчивости (последовательности состояний) системы. Тем самым значения энтропии параметризуют изменения системы. Другими словами, возникает энтропийная параметризация времени, или энтропийное время систем (Левич, 2004а). Интервал энтропийного времени, т. е. приращение энтропии, есть логарифм величины, показывающей, во сколько раз изменилось число допустимых структурой системы неэквивалентных преобразований.

6. Время как ресурс

Существует еще один набор числовых характеристик системы, которые: 1) с необходимостью сопровождают

изменчивость системы; 2) растут монотонно системному времени и тем самым 3) могут служить для параметризации изменений. Это – потребляемые системой ресурсы. Количество «потребленного» (плюс «потерянного») ресурса определяет «показания» так называемых «метаболических часов» системы (Левич, 1996; 2009). Конструкция метаболических часов неявно подразумевает умение подсчитывать количество замененных в системе элементов. Но процедура сравнения множеств по количеству элементов в них в «теоретико-множественной» математике корректно разработана лишь для бесструктурных множеств, тогда как все теоретическое естествознание использует для формальных описаний множества со структурами. В частности, системы с несколькими ресурсными потоками уже не могут быть представлены как иерархии бесструктурных множеств. Поэтому нетривиальное применение метаболического подхода требует умения сравнивать между собой множества со структурой. Это умение задается функторным методом сравнения структур, предлагая энтропию математических структур в качестве обобщения понятия «количество». Тем самым энтропийная параметризация изменчивости есть необходимое обобщение метаболических часов. Замечу, что система, потребляющая несколько ресурсов, существует в нескольких метаболических временах. Теоремы вариационного моделирования позволяют установить связь между энтропийным и метаболическими временами системы (Левич и соавт., 1994). Энтропия системы представляет собой «усреднитель» метаболических времен, причем энтропия монотонно растет вместе с ростом каждого из метаболических времен, т. е. энтропийное и метаболические времена системы связаны однозначно, монотонно и одно может быть вычислено через другое⁸. Указанная связь может служить эвристическим объяснением происхождения логарифмирования при вычислении энтропии через количество преобразований системы: благодаря логарифмированию, связь между энтропийным и метаболическими временами становится степенной, а не экспоненциальной, что, в свою очередь, упрощает формулы, в которых фигурируют обе параметризации времени. И если метаболическое время системы, вообще говоря, – многокомпонентная величина и тем самым «уровнеспецифично» (имеются в виду иерархи-

ческие уровни строения систем), то энтропийное время, «усредняя» метаболические времена уровней, возвращает понятию времени привычную универсальность.

Предложенный экстремальный принцип имеет еще одну строгую интерпретацию, связанную с метаболическим временем системы. Эта интерпретация следует из так называемой теоремы Гиббса (Левич, Фурсова, 2002). Согласно теореме требование максимума обобщенной энтропии при ограниченном запасе некоторых ресурсов равносильно требованию минимума потребления системой этих ресурсов при том ограничении, что степень структурированности системы (выраженная значением обобщенной энтропии) должна быть не ниже некоторого порога.

Соответствующая формулировка экстремального принципа звучит так: *из заданного состояния система переходит в такое состояние, для которого потребление ограничивающих рост ресурсов (или метаболическое время системы) минимально в пределах, задаваемых необходимой степенью структурированности системы.*

7. Обобщение формализма Джейнса

Резюмирую полученные результаты:

1) Деятельность теоретика-модельера по описанию естественных и антропных систем базируется на подборе подходящих математических структур. Для оперирования классами структурированных множеств предназначена математическая теория категорий и функторов.

2) Система может быть формально описана категорией, содержащей класс объектов – состояний системы – и класс морфизмов – допустимых структурой системы способов преобразований одних состояний в другие.

3) Состояния систем, описываемых математическим структурами, могут быть упорядочены методами теории категорий по «степени их структурированности».

4) Постулировано, что динамика системы определяется принципом максимальной структуры: из заданного состояния система переходит в то состояние, структура которого максимальна (в пределах доступных системе ресурсов).

5) Предложен строгий метод, позволяющий каждому состоянию системы сопоставить числовую функцию, значе-

ния которой монотонны степени структурированности состояния и могут служить ее мерой.

Значение этой функции рассчитывают через количество допустимых системой неэквивалентных преобразований.

Эта функция обобщает понятие «количество элементов», определенное для бесструктурных множеств, на множества со структурой.

Эта функция может быть интерпретирована как обобщение статистической энтропии и может быть названа обобщенной (структурной, функторной, теоретико-категорной) энтропией.

Структурная энтропия получена вне каких-либо статистических или вероятностных представлений.

Принцип максимальной структуры должен быть переформулирован в этом случае как принцип максимума (обобщенной) энтропии. От Второго начала термодинамики его отличает применение к открытым (в самом общем смысле) системам и обязательное требование ограничений по ресурсам.

6) Введены и сопоставлены представления о собственных временах систем: время категорное, время системное, время структурное, время энтропийное и время метаболическое.

Категорное и системное времена описывают качественные аспекты изменчивости систем. Структурное, энтропийное и метаболическое времена предоставляют способы количественного измерения изменчивости, т. е. вводят различные типы часов для измерения собственного времени систем⁹. Экстремальный принцип может быть переформулирован как принцип минимального метаболического времени систем.

7) Принцип максимума энтропии эквивалентен:

- принципу реализации экстремального состояния системы;
- принципу реализации максимальной структуры («сложности», «разнообразия», «структурной информации» и т. п.);
- принципу максимальной (обобщенной) экспансии системы, т. е. ее «количественному» росту;
- принципу наименьшего «потребления» ограничивающих ресурсов или их определенной комбинации, которую можно назвать «обобщенной свободной энергией» системы;
- принципу минимального метаболического времени системы.

8) Построены компоненты динамической теории:

- Элементарные объекты – множества со структурой.
- Совокупность элементарных объектов составляет класс объектов категории, описывающей систему, и задает пространство состояний системы.
- Способы изменчивости элементарных объектов – их преобразования из класса морфизмов описывающей систему категории.
- Интервал времени, измеряющий изменения при переходе системы из одного состояния в другое «энтропийными часами», есть разность обобщенных энтропий начального и конечного состояний.
- Закон изменчивости – экстремальный принцип, использующий свойство упорядоченности объектов категории.

Полученные результаты позволяют предложить для отыскания законов изменчивости систем формализм, основанный на принципе максимума обобщенной энтропии. Этот формализм развивает формализм Джейнса и состоит из следующих этапов¹⁰:

- Выбор математической структуры, адекватно описывающей исследуемую систему.
- Формализация структуры в виде множеств морфизмов и объектов некоторой категории структурированных множеств.
- Расчет обобщенной энтропии через количества допустимых структурой неэквивалентных морфизмов. Функция обобщенной энтропии может быть строго рассчитана для любых описаний систем с помощью математических структур, т. е. целевая функция для применений экстремального принципа может быть рассчитана, а не угадана.
- Формулировка ресурсных и других ограничивающих развитие сообщества условий в виде неравенств или равенств. (Современные методы вариационного исчисления позволяют исследовать задачи с ограничениями в виде неравенств, а не равенств. Это, казалось бы, небольшое техническое усовершенствование влечет радикальное расширение возможностей вариационного моделирования на актуальные и реалистичные классы сложных задач.)
- Постановка вариационной задачи на условный экстремум обобщенной энтропии с найденными ограничениями.

- Поиск лимитирующих ресурсов и других лимитирующих факторов на основе теоремы стратификации¹¹.
- Постановка редуцированной вариационной задачи на условный экстремум с ограничениями в виде равенств.
- Формулировка закона изменчивости системы в виде аналога уравнения Эйлера–Лагранжа полученной вариационной задачи.

СНОСКИ

¹ Можно перечислить следующие предлагавшиеся целевые функции (Фурсова и соавт., 2003): максимальный поток энергии через систему (Lotka, 1922), максимум «силы» (Odum, Pinkerton, 1955), максимальное рассеяние энергии (Ulanowicz, Hannon, 1987; Schneider, Kay, 1994; Mauersberger, 1996), запасание «максимальной эксергии» (Jørgensen, 1997), асценденция (Ulanowicz, 1986), индекс зрелости (Pérez-España, Arreguin-Sánchez, 1999), максимизация косвенных эффектов (Patten, 1986; 1995), максимизация биомассы (Margalef, 1968), специальная иерархическая организация (O'Neill et al., 1986), максимум устойчивости органического вещества (Whittaker, Woodwell, 1971), максимизация разнообразия (Левич, 1980), минимизация диссипации энергии и «наискорейший спуск» (А.И. Зотин, А.А. Зотин, 1999).

² Замечу, что теоретико-категорное 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 внутридисциплинарном содержательном языке (некоторым аналогом чего может, например, служить карта метаболических путей живой клетки) с последующим подсчетом числа морфизмов и выбором последовательности реализующихся состояний согласно экстремальному принципу.

Замечу, что если задана математическая структура, то возможно задание сохраняющих ее морфизмов. 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.

³ Экстремизируемые функционалы в механике, в теории поля должны быть инвариантными по отношению к определенным групповым преобразованиям, эксплицирующим требования заданных симметрий Мира. Этих требований может быть достаточно для однозначного выбора фун-

ционала. Можно провести аналогию между сохранением структуры и групповым принципом симметрии, а также между соответствующими морфизмами структуры и групповыми преобразованиями. Однако категорный язык предоставляет гораздо более широкие возможности, не ограниченные лишь групповыми структурами. Целевые функции и функционалы, возникающие в теории категорий, с самого начала обладают необходимыми свойствами инвариантности.

⁴ Теория категорий не просто представляет удобный язык для описания систем, а выступает как источник строгих результатов (теорем) при решении задачи о сравнении структурированных множеств. Метод функторного сравнения структур вряд ли мог бы быть естественно сформулирован вне теории категорий.

⁵ При конструировании понятия «количество элементов», или «мощность» для бесструктурных множеств эти множества сравнивают с помощью инъективных отображений. Структурированные множества сравнивают с помощью инъективных морфизмов структуры. Возникающие отношения порядка стандартным образом порождают как в классе объектов, так и в класс морфизмов отношения эквивалентности.

На языке теории систем это приводит к неразличимости некоторых состояний и некоторых их преобразований. Поэтому задача о подсчете количества преобразований должна быть поставлена как задача подсчета количества неэквивалентных морфизмов. В случае, когда преобразования образуют группу, задача решается с помощью теоремы Лагранжа о количестве элементов в факторгруппе. Так, например, для биекций это количество равно $n! / \prod_i n_i!$, где числитель – число биекций для множества из n элементов, а знаменатель – число биекций, сохраняющих разбиение исходного множества на i классов (сохраняющие разбиение биекции составляют нормальную подгруппу группы биекций для множества, объединяющего классы эквивалентности).

Я высказываю предположение: для подсчета числа неэквивалентных морфизмов в полугруппе (любая категория есть частичная полугруппа) справедлив аналог теоремы Лагранжа. Точнее, достаточно, чтобы соответствующая теорема выполнялась не в произвольной полугруппе, а в полугруппе, порождаемой категорией структурированных множеств (или хотя бы – категорией множеств со структурой разбиений).

⁶ Энтропия перехода из состояния X в состояние A может быть рассчитана по следующей формуле (Levich, 1995; Левич 1996):

$$H^X(A) = \frac{I_Q^X(A)}{I_Q^X(A)},$$

где $I_Q^X(A)$ – число морфизмов из множества X в множество A в категории

структурированных множеств Q , а $I_Q^X(A)$ – число морфизмов из множества X в множество A в категории бесструктурных множеств $\bar{Q}$ с теми же по мощностями множествами, что и в категории Q , но со «стертой структурой».

Приведу примеры значений энтропии для множеств со структурой разбиений.

Пусть допустимые морфизмы – сохраняющие разбиение отображения. Тогда

$$H^X(A) = \log \frac{n_A^{n_0}}{\prod_i n_{iA}^{n_{iX}}} = -n_X \sum_i \frac{n_{iX}}{n_X} \log \frac{n_{iA}}{n_A},$$

где n_{iA} и n_{iX} – количества элементов в классе i разбиений множеств A и X ; $n_A = \sum_i n_{iA}$ и $n_X = \sum_i n_{iX}$ – полные количества элементов в множествах A и X .

Если допустимые морфизмы – сохраняющие разбиение биекции, то

$$H^X(A) = \log \frac{n!}{\prod_i n_i!}.$$

Если допустимые морфизмы – сохраняющие разбиение произвольные соответствия, то

$$H^X(A) = \log \frac{2^{n_A n_X}}{\prod_i 2^{n_{iA} n_{iX}}} = n_A n_X \left(1 - \sum_i \frac{n_{iA}}{n_A} \frac{n_{iX}}{n_X}\right).$$

Формулы справедливы при любых – и больших, и самых малых – значениях n_i и n .

⁷ В зависимости от области приложения энтропийного подхода возникают самые разнообразные толкования энтропии: как меры неопределенности (Tribus, 1961); меры «незнания» истинного микросостояния системы, находящейся в известном макросостоянии (Gell-Mann, 1994); меры порядка-беспорядка, сложности и организованности (Хайтун, 1996); меры неточности контроля над частицами (Губин, 1997), а также как разновидности функционала действия в гамильтоновой механике (Хазен, 1998).

Подобные интерпретации кажутся мне вторичными по отношению к той, которую вкладывал в термин «энтропия» Р.Ю. Клаузиус (Clausius, 1865), переводя его с греческого τροπή как «превращение» или, имея в виду роль Второго закона термодинамики для развития Мира, как «эволюцию». Происхождение энтропии из анализа допустимых системой преобразований сохраняет эту традицию.

⁸ Эта связь задается формулой:

$$H(L) = \sum_k \lambda^k(L) L^k.$$

Здесь H – структурная энтропия, $L \equiv \{L^1, L^2, \dots, L^m\}$ – набор метаболических времен системы, $\lambda^k(L)$ – множители Лагранжа вариационной задачи на

условный максимум структурной энтропии, ограниченной потоками метаболических времен L^k .

В случае структуры множеств с разбиениями, где морфизмами служат сохраняющие разбиение отображения, вариационная задача имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} H(n_1, n_2, \dots, n_w) = -n \sum_{i=1}^w \frac{n_i}{n} \log \frac{n_i}{n} \rightarrow \max; \\ \sum_{i=1}^w q_i^k n_i \leq L^k, k = \overline{1, m}; \\ \sum_{i=1}^w n_i = n; \\ n_i \geq 0, i = \overline{1, w}. \end{array} \right.$$

Здесь n_i – количество элементов в классе разбиения i , w – число классов разбиения и q_i^k – среднее «содержание субстанции» метаболического потока k в элементах класса i .

Доказано (Левич, Фурсова, 2002), что $\partial H / \partial L^k \geq 0$, т. е. структурная энтропия монотонно возрастает (не убывает) в метаболическом времени системы.

⁹ Конструкции структурного и энтропийного времени включают целый ряд произвольно выбранных формальных шагов. Например, сравнение структурированных множеств, описывающих состояние систем, производится с помощью инъективных преобразований (по аналогии со сравнением по мощностям неструктурированных множеств). В качестве представления из категории структурированных в категорию неструктурированных множеств, порождающего энтропийное время, в функторном методе сравнения структур выбран основной одноместный функтор. Этот функтор оказался монотонным по упорядочению структур и его значения оказались сводимыми к энтропиеобразным функциям. Инъективные преобразования, лежащие в основе упорядочения структур, представляют собой однозначные вложения. То есть эволюция систем, согласно экстремальному принципу, идет от подобъектов к объектам. Такой тип эволюции можно назвать консервативным или казуальным: достигнутые состояния не пропадают (подобъект «сохраняется» в объекте) и новые состояния возникают не на пустом месте, а из своих «менее сильных» (в смысле упорядочения по силе структуры) предшественников. Использование для сравнения состояний вместо инъективных иных типов преобразований так же, как и отыскание иных функторов, монотонно представляющих упорядочение структур числами, могут породить иные типы структурного и энтропийного времени и иные типы эволюции систем. Следует отметить, что выбор упорядочивающих морфизмов – вопрос экспликации операциональных спосо-

бов выяснения принадлежности элементов объектам. Тем самым вопрос об адекватной параметризации изменчивости становится зависимым от «суммы технологий, достигнутой цивилизацией» в области экспериментальной идентификации объектов мира.

¹⁰ Пример применения предложенного формализма в экологии сообществ продемонстрирован в нескольких публикациях (Левич и соавт., 1997; Levich, 2000; Левич, 2004б).

¹¹ Формулировка теоремы (Левич и соавт., 1994): пространство ресурсов $\prod_{k=1}^m L^k$ распадается (стратифицируется) на $2^m - 1$ непересекающихся областей (стратов), каждая из которых соответствует одному из подмножеств множества «потребляемых» ресурсов. В страте S^J , где $J \neq \emptyset$ – подмножество множества ресурсов $\{1, 2, \dots, m\}$, выполняется:

1) решения вариационной задачи (см. сноску (8)) $n_i(L)$, где $L = \{L^1, L^2, \dots, L^m\}$, зависят только от тех L^k , для которых $k \in J$ (отмечу, что решение указанной задачи существует и единственно);

2) на этом решении нестрогие неравенства $\sum_{i \in J} q_i^k n_i \leq L^k$ обращаются в строгие равенства для всех $k \in J$ и в строгие неравенства для всех $k \notin J$.

Теорема дает алгоритм расчета границ областей лимитирования по заданному набору характеристик q_i^k .

ЛИТЕРАТУРА

- Акчурина И.А. Единство естественнонаучного знания. М.: Наука, 1974. 207 с.
- Букур И., Деляну А. Введение в теорию категорий и функторов. М.: Мир, 1972. 259 с.
- Бурбаки Н. Архитектура математики // Очерки по истории математики. М.: Мир, 1963. С. 245–259.
- Голдблатт Р. Топосы. Категорный анализ логики. М.: Мир, 1983. 488 с.
- Голицын Г.А., Левич А.П. Вариационные принципы в научном знании // Философские науки. 2004. № 1. С. 105–136.
- Губин В.В. История с энтропией // Философские науки. 1997. Вып. 3–4. С. 98–120.
- Гуц А.К. Элементы теории времени. Омск: Изд-во Наследие. Диалог-Сибирь, 2004. 364 с.
- Джонстон П.Т. Теория топосов. М.: Наука, 1986. 440 с.
- Егоров А.А., Ощепков А.П., Степанов Б.В. Категорные методы в автоматизированных системах управления. Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1990. 81 с.
- Зотин А.И., Зотин А.А. Направление, скорость и механизмы прогрессивной эволюции: Термодинамические и экспериментальные основы. М.: Наука, 1999. 320 с.

Левич А.П. Структура экологических сообществ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 180 с.

Левич А.П. Теория множеств, язык теории категорий и их применение в теоретической биологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 190 с.

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 мера структурированности сложных систем // Время, хаос и математические проблемы. М.: Институт исследований сложных систем МГУ им. М.В. Ломоносова. Вып. 2. 2000. С. 163–176.

Левич А.П. Энтропийная параметризация времени в общей теории систем // Системный подход в современной науке. М.: Прогресс-Традиция, 2004а. С. 167–190.

Левич А.П. Принцип максимума энтропии и теоремы вариационного моделирования // Успехи современной биологии. 2004б. Т. 124. № 6. С. 3–21.

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. 2009. С. 259–335.

Левич А.П., Фурсова П.В. Задачи и теоремы вариационного моделирования в экологии сообществ // Фундаментальная и прикладная математика. 2002. Т. 8. № 4. С. 1035–1045.

Левич А.П., Алексеев В.Л., Никулин В.А. Математические аспекты вариационного моделирования // Математическое моделирование. 1994. Т. 6. № 5. С. 55–71.

Левич А.П., Максимов В.Н., Булгаков Н.Г. Теоретическая и экспериментальная экология фитопланктона: управление структурой и функциями сообществ. М.: Изд-во НИЛ, 1997. 192 с.

Месарович Н., Тахикара Я. Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978. 312 с.

Полак Л.С. Вариационные принципы механики, их развитие и применение в физике. М.: Физматгиз. 1960. 600 с.

Пригожин И. От существующего к возникающему. М.: Прогресс, 1985. 328 с.

Фурсова П.В., Левич А.П., Алексеев В.Л. Экстремальные принципы в математической биологии // Успехи современной биологии. 2003. Т. 123. № 2. С. 115–137.

Хазен А.М. Введение меры информации в аксиоматическую базу механики. М.: Пауб, 1998. 168 с.

Хайтун С.Д. Механика и необратимость. М.: Янус, 1996. 448 с.

Цаленко М.Ш., Шульгейфер Е.Г. Основы теории категорий. М.: Наука, 1974. 256 с.

Clausius R. Über verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie // Ann. Phys. Folge 2. 1865. Bd. 125. S. 353–400.

Gell-Mann M. The quark and the jaguar: adventures in the simple and the complex. New York: W.H. Freeman, 1994. 392 p.

Gzyl M. The method of maximum Entropy. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1995. 146 p.

Jaynes E.T. Informational theory and statistical mechanics // Phys. Rev. 1957. V. 106. P. 620–630.

Jørgensen S.E. Integration of Ecosystem Theories: a Pattern 2nd. Dordrecht: Kluwer, 1997. 400 p.

Lequizamon C.A. The periodic continuous effect in terms of algebraic relation theory // Int. Journal of Biological Systems. 1993. V. 1. No 1.

Levich A.P. Time as variability of natural systems // On the Way to Understanding the Time Phenomenon. Part 1. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World Scientific, 1995. P. 149–192.

Levich A.P. Variational modelling theorems and algocoenoses functioning principles // Ecological Modelling. 2000. V. 131. P. 207–227.

Levich A.P., Solov'yov A.V. Category-functor modeling of natural systems // Cybernetics and Systems. 1999. V. 30. № 6. P. 571–585.

Lotka A.J. Contribution to the energetics of evolution // Proc. Natl. Acad. Sci. 1922. № 8. P. 14–150.

Margalef R. Perspectives in ecological theory. Chicago: Chicago University Press, 1968. 122 p.

Mauersberger P. From a theory of local processes in aquatic ecosystems to a theory at the ecosystem scale // Sci. Total Environ. 1996. 183. P. 99–106.

Odum H.T., Pinkerton R.C. Time's speed regulator: the optimum efficiency for maximum power output in physical and biological systems // Am. Sci. 1955. 43. P. 331–343.

O'Neill R.V., Deangelis D.I., Waide J.B., Allen T.F.H. A Hierarchical Concept of Ecosystems. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986. 392 p.

Patten B.C. Energy cycling, length of food chains, and direct versus indirect effects in ecosystems // Ecosystem Theory for Biological Oceanography. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 1986. 213. P. 119–138.

Patten B.C. Network integration of ecological extremal principles: exergy, emergy, power, ascendancy and indirect effects // Ecological modelling. 1995. 79. P. 75–84.

Pérez-Espasa H., Arreguin-Sánchez F. A measure of ecosystem maturity // Ecological Modelling. 1999. 119. P. 79–85.

Schneider E.D., Kay J.J. Life as a manifestation of the second law of thermodynamics // Math. Comput. Model. 1994. 19. P. 25–48.

Tribus M. Information theory as the basic for thermostatics and thermodynamics // J. Appl. Mech. Ser. E. 1961. V. 28. № 1. P. 1–8.

Ulanowicz R.E. Growth and development: Ecosystems Phenomenology. N.Y.: Springer, 1986. 203 p.

Ulanowicz R.E., Hannon B.M. Life and production of entropy // Proc. R. Soc. Lond. 1987. 232. P. 181–192.

Whittaker R.H., Woodwell G.M. Evolution of natural communities // Ecosystem Structure and Function. Corvallis: Oregon State University Press. 1971. P. 137–159.

ГЛАВА XIV

Александр М. Заславский

Корпорация «Облик»;

кафедра темпоральных моделей реальности

Web-Института исследований природы времени

<http://www.chronos.msu.ru>; am-47@mail.ru

Время как причина физических законов

Совокупность теоретических и методологических предпосылок, определяющих современные физические представления об окружающем нас мире, опирается на идею относительной одновременности множества событий. Физическое пространство рассматривается как вместилище этого множества. В отношении природы времени выдвинуто много разных идей, но все они сходятся в одном – вторичность понятия времени относительно понятия пространства. При этом вопрос о том, как время связано с физическими законами нашего мира, остается открытым. Получив на него ответ, мы смогли бы выразить существо понятия времени через его отношение к экспериментально подтвержденным законам природы. Выдвигается альтернативная гипотеза, согласно которой понятие пространства, его геометрия и законы движения являются вторичными по отношению к понятию времени и могут быть получены с помощью дедукции из линейной (временной) упорядоченности событий. Одной из наиболее важных черт нового подхода является стремление создать такую модель мироздания, которая включала бы в качестве своей подсистемы собственного (внутреннего) наблюдателя, чье сознание обладает способностью постижения физических законов пространства-времени без получения информации извне. Этот подход преследует двойную цель – понять причину самих законов и построить модель сознания, способного их познавать.

Ключевые слова: *система, время, пространство, состояние, необратимость, наблюдатель, взаимодействие, информация, функционал, поле.*

1. Введение

Во всех известных космологических моделях пространство рассматривается как вместилище *одновременных* состояний множества объектов нашего мира (*гипотеза одновременности*). Это предположение (строго говоря, недоказуемое) лежит в основе как физических, так и фило-

софских воззрений на природу мироздания. Но так ли оно бесспорно? Неужели отсутствуют какие-либо основания для альтернативной гипотезы? Рассмотрим некоторые характерные примеры.

Во-первых, известны и хорошо изучены такие математические объекты, как машина Тьюринга, конечный автомат и др., способные моделировать поведение многомерных динамических систем строго упорядоченными во времени процессами.

Во-вторых, экспериментально установлено явление *прототемпорального* порога восприятия (Fraser, 1972), состоящее в том, что для человека с его органами чувств периоды длительностью 20–50 мс и менее могут вмещать события, которые поддаются счету, но их невозможно расположить в каком-то временном порядке. Это значит, что линейно упорядоченная цепь событий (строгий порядок) интерпретируется человеческой психикой как последовательность *одно-временно* существующих состояний (нестрогий порядок), и мы не можем, опираясь на наше восприятие, утверждать что-либо о действительном временном порядке событий.

Давайте проведем несложный мысленный эксперимент. Допустим, в нашем распоряжении имеется два компьютера, соединенных информационным каналом связи, по которому данные передаются последовательно во времени. Такой канал связи обычно называют последовательным интерфейсом. Пусть в первом компьютере выполняется программа вычисления n функций трех переменных. При этом по какому-нибудь алгоритму (например, с помощью генератора случайных чисел) изменяются аргументы вычисляемых функций. Информация о значениях аргументов и соответствующих значениях функций передается во второй компьютер блоками, в каждом из которых k функций и их аргументов. Здесь функции запоминаются вместе с аргументами и метками времени, соответствующими последним принятым данным. Можно также предположить, что второй компьютер выполняет некоторые специфические действия при получении некоторых значений функций в зависимости от значений их аргументов. Иными словами, второй компьютер ведет себя подобно наблюдателю в трехмерном пространстве. Однако где же здесь одновременность? Как известно, программы в обычных (не параллель-

ных) компьютерах выполняются строго последовательно. Значения функций и соответствующих им аргументов также передаются последовательно. Обращение к памяти также последовательная операция. Для того чтобы исключить последние сомнения, достаточно предположить, что оба компьютера взаимно синхронизированы во времени.

В этом примере наблюдатель (второй компьютер) получает значения $3k$ аргументов и соответствующих им k функций не в одно и то же время, но с одной меткой времени. Следовательно, при обращении к памяти он не имеет возможности различить действительный порядок их возникновения, хотя ему известно количество поступивших данных. Для него $3k$ координат и k соответствующих им функций появились как бы в один момент времени. Вот здесь у нашего наблюдателя и возникает потребность в идее пространства как вместилища одновременных состояний наблюдаемой им системы.

Модель, описанная в этом мысленном эксперименте, не претендует на математическую строгость. Ее назначение состоит лишь в том, чтобы продемонстрировать возможность альтернативы гипотезе одновременности. Но поскольку такая альтернатива допустима, а одновременность в строгом смысле недоказуема, то основания для исследования альтернативной гипотезы имеются. Согласно ей все состояния системы «наш мир» *неодновременны* и, следовательно, упорядочены строго (линейно). Отношение временного порядка при таком подходе остается единственным предположением в исходном определении системы. Основная идея гипотезы *неодновременности* состоит в том, что единой (если не единственной) причиной физических законов является Время, проявляющее себя в линейной упорядоченности состояний системы «наш Мир». Ставится задача исследования путей дедуктивного вывода основных физических принципов как следствий гипотезы неодновременности.

2. Постановка задачи

Абстрактная система в виде математического отношения состояний на линейно упорядоченном множестве событий в работе А. Заславского (2002) получила название *системы времени*. Для того чтобы построить теорию, в которой само

понятие пространства, а также его геометрия и законы движения являются логическими следствиями линейной (временной) упорядоченности некоторого абстрактного множества событий, необходимо рассмотреть космологическую модель мироздания как бы из *вне-пространства*, лишенную любых внешних форм и свойств (за исключением упорядоченности во времени). При этом необходимо сконструировать *внутреннего наблюдателя* в виде абстрактной системы, определенной на линейно упорядоченном множестве. В отношении этого наблюдателя, собственно, и ставится задача: *может ли он, анализируя последовательность состояний в цепи событий, «открыть» законы движения, аналогичные тем, которые известны в физике.*

Одной из наиболее универсальных математических моделей, игнорирующей любые внешние формы проявления моделируемого объекта за исключением последовательности его внутренних состояний, является *абстрактный автомат*. Так обычно называют систему, которая, будучи в момент времени t в состоянии z и получив входное воздействие x , оказывается в момент времени $t+1$ в состоянии $\lambda(z, x)$ и генерирует на выходе сигнал $\delta(z, x)$ (Калман и соавт., 1971; Джордж, 1984; Брауэр, 1987, и др.).

Исследуемую модель представим в виде взаимосвязанной системы абстрактных автоматов, включающей «наблюдателя» и взаимодействующую с ним «среду». Автомат-наблюдатель взаимодействует с внешней средой посредством сигналов, передаваемых бесконечной лентой, движущейся в одном направлении и одним своим концом входящей в «среду», а другим выходящей из нее. Конечно же, лента здесь является лишь удобной метафорой времени и причинно-следственных отношений в исследуемой модели. Объектами наблюдения в рассматриваемой модели являются *подсистемы* времени. Обозначим количество подсистем в системе времени m . Событие будем обозначать переменной $q_i^k(\tau)$, принимающей в каждый момент времени τ одно из l различных значений $q_1^k, q_2^k, \dots, q_l^k$, соответствующих l возможным состояниям k -й подсистемы. Число l будем называть *размерностью* подсистемы. Событие $q_i^k(\tau)$ состоит в том, что в момент времени τ *одна* из подсистем (k -я), находясь в i -м состоянии, воздействует на вход наблюдателя. Состояние входа переходной функцией, учитывающей предысторию, отобра-

жается в его внутреннее состояние $z(\tau+1)=f(H(\tau),x(\tau))$, где H – предыстория. Внутреннее состояние z в автомате с памятью будем считать вектором, компонентам которого соответствуют разные сегменты памяти. Внутреннее состояние автомата отображается выходной функцией в последующее состояние $j(\tau+1)$ r -й подсистемы системы времени, т. е. наблюдатель воздействует на r -ю подсистему (происходит событие $q'_j(\tau+1)$). Таким образом, возникает цепь причинно связанных событий $\dots, q_i^k(\tau), q_j^r(\tau+1), \dots$

Необратимость времени проявляется в том, что цепь событий в каждый момент времени $\{1, 2, 3, \dots\}$ *увеличивается* на одно событие. В разные моменты времени система может оказываться в одних и тех же состояниях. В общем случае цепь событий состоит из повторяющихся состояний.

3. От времени к пространству

И даже величина самого пространства может стать улопостижимой, только если мы отнесем ее к мере как единице и выразим ее числом, которое само есть множество, отчетливо познаваемое с помощью счета, т. е. последовательным прибавлением одной единицы к другой в данное время.

Кант И.

3.1. Принцип измерения состояний

Внешний наблюдатель нашей модели «видит» последовательность символов на ленте. Эти символы для него что-то означают вследствие того, что их можно сравнить с чем-то из *внешнего* мира. Если на ленте отмечены величины состояний исследуемой системы, то внешнее измерение предполагает знание их меры. Однако эта мера неизвестна внутреннему наблюдателю. Тем не менее будем считать что наблюдатель как-то различает состояния (так, например, мы различаем запахи, цвета и т. п., не обладая их относительной мерой). Следовательно, необходим такой принцип отображения автоматом-наблюдателем изменений, происходящих на ленте, который не требует от него знания меры

состояний, а требует лишь способности их различения. Подобный принцип был предложен в работе А. Заславского (2002). Его идея состоит в том, чтобы использовать в качестве универсальной (как для внутреннего, так и для внешнего наблюдателя) меры изменения состояний количество их повторений на конечном отрезке цепи событий.

Пусть система времени при переходе от события $q_a(\tau)$ (состоящего в том, что в момент времени τ она находится в состоянии α) к событию $q(\tau+\Delta\tau)$ оказывается ΔN_i раз в i -м состоянии. Этот процесс можно рассматривать как повторение i -го состояния ΔN_i раз или как изменение i -го состояния на ΔN_i дискретных единиц «*последовательным прибавлением одной единицы к другой в данное время*». Таким образом, на отрезке времени $[\tau, (\tau+\Delta\tau)]$ цепь событий характеризуется распределением приращений состояний $\{\Delta N_1, \Delta N_2, \dots, \Delta N_i, \dots, \Delta N_n\}$, где, в силу необратимости цепи событий, каждое приращение $\Delta N_i \geq 0$.

Пусть в составе системы имеется автомат (обозначим его индексом rk) такой конструкции, что относительно малые изменения вектора его состояния $(\Delta z_1^{rk}, \Delta z_2^{rk}, \dots, \Delta z_i^{rk}, \dots, \Delta z_n^{rk})$ линейны относительно малых приращений количеств повторяющихся состояний k -й подсистемы и некоторой произвольной r -й подсистемы

$$\Delta z_i^{rk} = \Delta z_i^{rk}(\tau + \Delta\tau) - \Delta z_i^{rk}(\tau) = \sum_j \Delta \alpha_{ij}^k \Delta N_j^k - \gamma_i^r \Delta N_i^r,$$

где в общем случае $\Delta \alpha_{ij}^k$ и γ_i^r зависят от времени и от предыстории распределения состояний в цепи событий.

Подобный автомат, ведущий счет повторяющихся состояний, будем называть *внутренним (линейным) наблюдателем*, k -ю подсистему – *объектом наблюдения*, r -ю подсистему – *объектом начала отсчета*, а уравнение (3.1) – *основным уравнением состояния наблюдателя*.

В качестве примера рассмотрим упрощенную модель системы, подобную той, которая описана в известном мифе о пещере у Платона. Пусть единственным источником информации для «обитателя пещеры» – внутреннего наблюдателя будет экран, на котором выделены две области. Обозначим их K и R . Каждая из этих областей экрана может быть освещена или оставаться затемненной, отображая состояния соответствующих подсистем k и r (рис. 1).

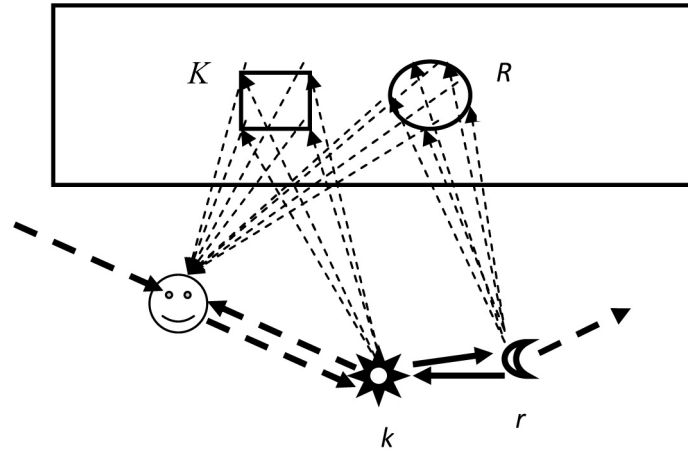


Рис. 1. Проецирование состояний наблюдаемых подсистем в сознание «обитателя пещеры»

Предполагается, что наблюдатель умеет отличить освещенный экран от затемненного. В остальном он не знает, что собой в действительности представляют подсистемы, управляющие освещением экрана. Не различает более двух уровней освещенности (рассматриваем двумерный случай). Не представляет себе, как расположены в «нашем» пространстве и что собой являют «для нас» воздействующие на него области экрана. Не знает «истинных» причин происходящего в пещере. В общем, почти все, как у Платона. Тем не менее предполагаем, что все подсистемы – «обитатели пещеры» причинно взаимосвязаны так, что любое состояние каждой из них является следствием других, предшествующих состояний.

В связи с этим и в соответствии с гипотезой неодновременности в каждый момент времени наблюдатель взаимодействует только с одной из подсистем, получая информацию о состоянии (освещена или нет) только одной из наблюдаемых им областей экрана (рис. 2).

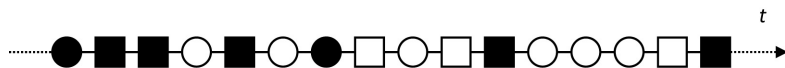


Рис. 2. Пример последовательности состояний подсистем, зафиксированных наблюдателем в моменты считывания информации с экрана

Для того чтобы иметь возможность аналитического исследования закономерностей того мира (виртуального, с нашей точки зрения), в котором осознает себя «обитатель пещеры», нам потребуется дополнить модель Платона некоторыми предположениями о конструкции сознания наблюдателя. Будем считать, что он обладает памятью, которая образована двумя подмножествами бинарных (триггерных) ячеек, пронумерованных от $-Z_1$ до $+Z_1$ и от $-Z_2$ до $+Z_2$ соответственно, где Z_1 и Z_2 – некоторые (в пределе бесконечные) числа натурального ряда. Пусть в области памяти, помеченной индексом 1, фиксируются изменения количества освещенных состояний области K относительно освещенных состояний области R , а в области памяти, помеченной индексом 2 – относительное количество затемненных состояний. Допустим, в начальный момент времени t_0 в каждой из областей памяти наблюдателя активирована одна ячейка $-Z_1 \leq z_1^{rk}(t_0) \leq +Z_1$ и $-Z_2 \leq z_2^{rk}(t_0) \leq +Z_2$. Для того чтобы сравнить между собой частоты повторений состояний подсистем наблюдатель может использовать следующую (линейную) тактику. Если количество повторений событий, при которых наблюдатель обнаружит область экрана K освещенной, превысит некоторый порог $\Delta N_1^k > \frac{1}{\alpha_{11}}$ или количество повторений событий, при которых наблюдатель обнаружит область экрана K затемненной, превысит некоторый иной порог $\Delta N_2^k > \frac{1}{\alpha_{12}}$, номер активированной ячейки в первой области памяти увеличивается на единицу.

$$z_1^{rk}(t) = z_1^{rk}(t_0) + 1.$$

Аналогичные изменения происходят и во второй области памяти

$$(\Delta N_1^k > \frac{1}{\alpha_{11}} \text{ или } \Delta N_2^k > \frac{1}{\alpha_{12}}) \Rightarrow (z_2^{rk}(t) = z_2^{rk}(t_0) + 1).$$

Если же количество повторений событий, при которых наблюдатель обнаружит область экрана R освещенной, превысит некоторый порог $\Delta N_1^k > \frac{1}{\gamma_1}$, то номер активированной ячейки в первой области памяти уменьшается на единицу:

$$z_1^{kr}(t) = z_1^{kr}(t_0) - 1.$$

А если количество повторений событий, при которых наблюдатель обнаружит область экрана R затемненной, превысит некоторый порог $\Delta N_2^k > \frac{1}{\gamma_2}$, то номер активированной ячейки во второй области памяти уменьшается на единицу.

$$z_2^{kr}(t) = z_2^{kr}(t_0) - 1.$$

После очередного изменения состояния наблюдателя $z_i^{kr}, i \in \{1, 2\}$ счет повторений соответствующих состояний наблюдаемых подсистем каждый раз возобновляется с нуля.

Такая тактика позволяет «обитателю пещеры» сравнивать частоты повторения состояний наблюдаемых подсистем, и если у него имеется возможность, то управлять ими, препятствуя увеличению количества нежелательных ему состояний и стимулируя полезные.

Предполагаем, что прототемпоральный уровень восприятия «обитателя пещеры» ограничен таким промежутком времени, на котором $\Delta N_i^k \gg \frac{1}{\alpha_{ij}}, \Delta N_i^r \gg \frac{1}{\gamma_i}$. При этом на лю-

бом промежутке времени, достаточном для различения последовательности событий (превышающем прототемпоральный уровень), выполняется основное уравнение состояния наблюдателя (3.1) с тем большей точностью, чем больше плотность цепи событий.

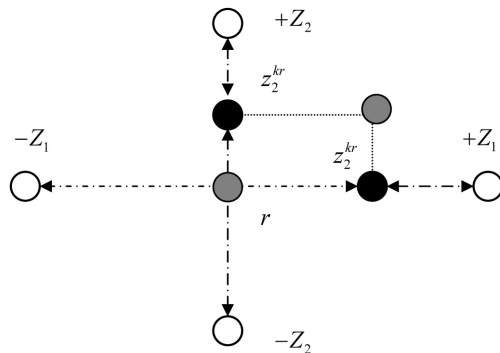


Рис. 3. Граф переходов состояний «обитателя пещеры» при отображении относительного состояния наблюдаемых подсистем в пространстве (активированные ячейки памяти отмечены черным цветом, соответствующие точки, указывающие относительное положение подсистем в пространстве, – серым цветом)

В данном примере два числа, указывающие номера активированных ячеек в соответствующих областях памяти наблюдателя, воспринимаются им как координаты точки – подсистемы k , наблюдаемой относительно подсистемы – объекта начала отсчета r в двумерном пространстве (рис. 3).

Не составляет труда обобщить этот пример на случай большего числа измерений. Достаточно дать возможность «обитателю пещеры» различать более чем два уровня освещенности наблюдаемых им областей экрана. Для увеличения количества наблюдаемых подсистем необходимо увеличить количество соответствующих областей памяти наблюдателя.

3.2. Пространство событий

Для того чтобы отобразить относительное изменение $(\Delta N_1, \dots, \Delta N_i, \dots, \Delta N_n)$ вектора состояния наблюдаемой подсистемы в пространстве внешнего наблюдателя, достаточно указать систему координат и поставить в соответствие минимальному изменению его i -й компоненты $(\Delta N_i=1)$ универсальную постоянную – квант расстояния Δx_0 . Чтобы отобразить дискретное время подобно пространственной координате на числовой оси, достаточно поставить в соответствие минимальному изменению $(\Delta \tau=1)$ количества событий универсальную постоянную – квант времени $\Delta t_0 = \Delta x_0 / c$, где c – отношение масштабов пространства и времени. Идея пространства в системе времени, где все события неодновременны и строго упорядочены, возникает вследствие ограниченной возможности наблюдателя различать их порядок следования на малых промежутках времени. В пределах прототемпорального промежутка состояния как бы присутствуют одновременно. Учитывая результаты исследования явления подмены частот, полученные Найквистом (Nyquist, 1924), можно предположить, что любой наблюдатель, анализирующий квантованные во времени выборки, ограничен прототемпоральным уровнем восприятия времени. В той модели, которую мы рассматриваем, имеется единственная возможность для внутреннего наблюдателя – измерять длительность интервалов времени количеством событий. Но как выполнить эту операцию в условиях кажу-

щейся одновременности событий? Ответ на этот вопрос содержится в гипотезе неодновременности. Действительно, согласно ей *все события в системе времени линейно упорядочены*. Вследствие этого для любого отрезка цепи событий k -й подсистемы выполняется *условие эргодичности – равенство суммы всех состояний количеству событий (моментов собственного времени)*

$$\Delta\tau^k = \sum_{i=1}^l \Delta N_i^k. \quad (3.2)$$

Следовательно, для измерения длительности промежутка времени между двумя фиксированными событиями достаточно просуммировать все те состояния, в которых оказывается подсистема на этом промежутке. Для выполнения такого суммирования не требуется знать порядок следования состояний в цепи событий.

В задачах, связанных с измерением относительных движений тел в доступном нашему наблюдению физическом пространстве, для измерения собственного времени наблюдателя используют часы, покоящиеся относительно тела отсчета. В нашей модели математическим эквивалентом такого тела является подсистема – *объект начала отсчета*. Значит, собственное время, отсчитываемое «правильными» часами, покоящимися относительно наблюдателя, пропорционально количеству всех состояний подсистемы – объекта начала отсчета

$$\Delta t^r = \sum_i \Delta N_i^r \Delta t_0. \quad (3.3)$$

Аналогично, *собственное время* наблюдаемой подсистемы пропорционально количеству всех ее состояний

$$\Delta t^k = \sum_{i=1}^l \Delta N_i^k \Delta t_0. \quad (3.4)$$

Здесь со всей очевидностью возникает вопрос, каким эквивалентом следует руководствоваться при сравнении промежутков времени разных наблюдателей. Для ответа на него вспомним, что промежуток времени всегда ограничен начальным и конечным событиями. Когда различные наблюдатели «хотят» сравнить свои часы, они должны измерить промежуток времени, ограниченный одними и теми же событиями.

Цепь событий системы времени по определению дискретна. Однако в предельном случае при большой плотности событий замена дискретной последовательности состояний на непрерывную не вносит существенной погрешности в математическое описание эволюции системы. Такую цепь событий будем называть *псевдоконтинуальной*.

Внешний наблюдатель имеет возможность отобразить вектор изменения состояния наблюдаемой подсистемы в своем или подобном ему пространстве. Масштаб такого построения определен величиной кванта расстояния Δx_0 . Пространство внутреннего наблюдателя, определенное на множестве его состояний z , также квантовано. Но согласно основному уравнению состояния наблюдателя количество квантов его состояний в общем случае не равно количеству квантов цепи событий наблюдаемой подсистемы. Однако можно указать такую цепь событий, протяженность которой одинакова как для внешнего, так и для внутреннего наблюдателя. Это цепь событий объекта начала отсчета. Действительно, собственное время внутреннего наблюдателя, измеренное как им самим, так и внешним наблюдателем, равно $\Delta t^r = \sum_{i=1}^l \Delta N_i^r \Delta t_0$. Умножив это время на масштабный множитель c , получим протяженность цепи событий одинаковую как для внешнего, так и для внутреннего наблюдателя $c\Delta t^r = \sum_{i=1}^l \Delta N_i^r \Delta x_0$.

По определению внутреннего линейного наблюдателя приращение i -й компоненты Δz_i^{rk} его вектора состояния является разностью $\Delta z_i^{rk} = \Delta z_i^k - \Delta z_i^r$, где величина $\Delta z_i^r = \gamma_i^r \Delta N_i^r$ представляет собой изменение i -й компоненты вектора состояния внутреннего наблюдателя, обусловленное эволюцией объекта начала отсчета. Следовательно, разделив отрезок цепи событий объекта начала отсчета на Δz_i^r равных ча-

стей, получим расстояние $\sum_{i=1}^l \Delta N_i^r \Delta x_0 / \gamma_i^r \Delta N_i^r$ во внутреннем пространстве, соответствующее в среднем изменению i -й компоненты вектора состояния внутреннего наблюдателя на единицу. Откладывая это расстояние вдоль i -й координатной оси внутреннего пространства Δz_i^{rk} раз, получим отображение приращения Δx_i^{rk} i -й координаты k -й подсистемы относительно r -го объекта начала отсчета в таких же

единицах, в которых измеряется отрезок пространства-времени $c\Delta t^r$.

$$\Delta x_i^{rk} = \Delta z_i^{rk} \frac{\sum_{i=1}^l \Delta N_i^r}{\gamma_i^r \Delta N_i^r} \Delta x_0 = \lambda_i^r \Delta x_0 \Delta z_i^{rk}. \quad (3.5)$$

Умножив правую и левую части уравнения состояния наблюдателя (3.1) на величину $\lambda_i^r \Delta x_0$, получим

$$\Delta x_i^{rk} = \lambda_i^r \sum_{i=1}^l \alpha_{ij}^k \Delta N_i^k \Delta x_0 - \sum_{i=1}^l \Delta N_i^r \Delta x_0. \quad (3.6)$$

Обозначим $\Delta X_j^k = \Delta N_j^k \Delta x_0$ отображение в пространстве состояний внешнего наблюдателя абсолютного приращения j -го состояния k -й подсистемы. Учитывая (3.2)–(3.4) и постоянство отношения кванта расстояния к кванту времени, второе слагаемое в правой части (3.6) может быть приведено к виду $c\Delta t^r = \sum_{i=1}^l \Delta N_i^r \Delta x_0$. Переносим это слагаемое в левую часть, получим

$$\Delta x_i^{rk} + c\Delta t^r = \lambda_i^r \sum_j \alpha_{ij}^k \Delta X_j^k. \quad (3.7)$$

Выразим из этих уравнений в явном виде абсолютные приращения состояний наблюдаемой подсистемы

$$\Delta X_i^k = \sum_{j=1}^l \alpha_{ij}^{rk} \Delta x_j^{rk} + \alpha_{i0}^{rk} c\Delta t^r.$$

Просуммируем правые и левые части этих равенств по всем индексам состояний

$$\sum_{i=1}^l \Delta X_i^k = c \sum_{i=1}^l \Delta N_i^k \Delta t_0 = c\Delta t^k = \sum_{j=1}^l a_0^{rk} \Delta x_j^{rk} + a_{00}^{rk} c\Delta t^r,$$

$$\text{где } a_{0j}^{rk} = \sum_{i=1}^l \alpha_{ij}^{rk}, a_{00}^{rk} = \sum_{i=1}^l \alpha_{i0}^{rk}.$$

Допуская псевдоконтинуальность цепи событий, можно в пределе перейти от конечных разностей к дифференциалам.

$$\begin{aligned} dX_i^k &= \sum_{j=1}^l a_{ij}^{rk} dx_j^{rk} + a_{i0}^{rk} cdt^r, \\ cdt^k &= \sum_{j=1}^l a_{0j}^{rk} dx_j^{rk} + a_{00}^{rk} cdt^r. \end{aligned}$$

Рассматривая формально пространство событий системы времени как $(l+1)$ -мерное многообразие (l пространственных измерений и одно временное), запишем эти уравнения в виде:

$$dX_i^k = \sum_{j=0}^l a_{ij}^{rk} dx_j^{rk}, i=0, l, \quad (3.8)$$

где обозначено: $dx_0^{rk} = cdt^r, dX_0^k = cdt^k$.

Пусть имеются две системы отсчета: одна – связанная с r -й подсистемой, а вторая – с u -й. Записывая уравнения (3.8) в матричной форме для указанных объектов начала отсчета, получим:

$$dX_i^k = A^{rk} dx^{rk} = A^{uk} dx^{uk},$$

где обозначено: $A^{rk} = \|a_{ij}^{rk}\|, A^{uk} = \|a_{ij}^{uk}\|, dx^{rk} = \|dx_j^{rk}\|, dx^{uk} = \|dx_j^{uk}\|$, индексы i, j пробегают значения от 0 до l . Из этой системы уравнений, линейных относительно малых приращений состояний и времени, найдём

$$dx^{uk} = (A^{uk})^{-1} A^{rk} dx^{rk} = B^{urk} dx^{rk}, \quad (3.9)$$

где $B^{urk} = \|b_{ij}^{urk}\|$.

Коэффициенты преобразований b_{ij}^{urk} могут быть определены лишь с помощью дополнительных величин – инвариантов преобразований. Такими инвариантами, например, определяющими группу преобразований Лоренца в специальной теории относительности, являются предельная скорость изменения состояний и квадратичная форма специального вида, получившая в теории относительности название «интервал в пространстве событий». Инвариантность предельной скорости постулируется в физике на основании обобщения известных экспериментов по измерению скорости распространения в пустоте электромагнитных волн. Инвариантность интервала обычно получают в виде следствия допущения об однородности и изотропности физического пространства и времени. Совершенно очевидно, что в отношении абстрактной динамической системы подобное обоснование неприемлемо. У нас нет оснований для веры в универсальность этих принципов по отношению к системам, чья эволюция не осуществляется в физическом пространстве. В нашем случае инварианты преобразований систем отсчета должны отражать лишь те свойства системы времени, которые обусловлены линейной упорядоченностью ее состояний и конструкцией автомата-наблюдателя.

Одним из таких свойств системы времени является положительное приращение количеств повторяющихся состояний ее подсистем $\Delta N_i^k \geq 0$, соответствующее направлению «стрелы времени». Действительно, ситуация, когда с течением времени количество событий в системе убывает, представляется маловероятной. Сравнивая между собой две квадратичные формы – квадрат суммы положительных приращений с одной стороны и сумму их квадратов с другой, получим следующее очевидное инвариантное неравенство, известное как неравенство треугольника

$$\left(\sum_{i=1}^l \Delta N_i^k \right)^2 - \sum_{i=1}^l (\Delta N_i^k)^2 \geq 0. \quad (3.10)$$

Умножив это неравенство на $c^2 \Delta t_0^2$, с учетом принятых выше обозначений получим

$$(\Delta s^k)^2 = c^2 (\Delta t^k)^2 - \sum_{i=1}^l (\Delta X_i^k)^2 \geq 0, \quad (3.11)$$

где Δs^k обозначен интервал в пространстве событий системы времени. Так как величины Δt^k и Δx_i^k характеризующие движение подсистемы относительно внешнего наблюдателя, не зависят от выбора объекта начала отсчета внутренним наблюдателем, они и определяемый ими интервал Δs^k являются инвариантами преобразований систем отсчета внутреннего наблюдателя. Переходя в (3.11) к дифференциалам и подставляя значения переменных согласно формулам (3.8), выразим интервал Δs^k через приращения координат и времени, измеряемые внутренним наблюдателем

$$(ds^k)^2 = \sum_{i=0}^l g_{ij}^{rk} dx_i^{rk} dx_j^{rk},$$

где $\|g_{ij}^{rk}\| = k_m \|a_{ij}^{rk}(x, t)\| \times \|a_{ij}^{rk}(x, t)\|^T$ – симметрическая матрица, которая может быть отождествлена с метрическим тензором внутреннего пространства событий, k_m – коэффициент, учитывающий соотношение масштабов внутреннего и внешнего пространств.

Осуществляя локальное преобразование (3.9) во внутреннем пространстве событий с помощью матрицы B^{urk} , численно равной матрице A^{rk} , получим для малой окрестности некоторого события (x, t) такую систему координат,

в которой интервал с точки зрения внутреннего наблюдателя выражается такой же квадратичной формой, как и с точки зрения внешнего

$$(ds^k)^2 = (cdt^u)^2 - \sum_{i=0}^l (dx_i^{uk})^2 \geq 0.$$

Следовательно, внутреннее пространство событий характеризуется локально псевдоевклидовой метрикой с сигнатурой $(+ - - \dots)$, а модуль наибольшей скорости изменения состояний ограничен универсальной постоянной c , не зависящей от выбора системы отсчета. Теория относительности не объясняет причину ограничения скорости распространения сигналов (изменения состояний) в наблюдаемом пространстве. Ею постулируется без объяснения этот феномен как фундаментальное свойство физического пространства-времени. С точки зрения гипотезы неодновременности, как видно из неравенства (3.10), ограничение скорости изменения состояний абстрактной динамической системы обусловлено направлением «стрелы времени» и не может быть преодолено никаким разумным способом. Если бы такое «преодоление» было возможным, то это означало бы, что суммарное количество всех состояний на отрезке цепи событий больше (?), чем количество событий. Иными словами, это означало бы, что система может оказываться в таких состояниях, которые не являются событиями (??), что противоречит общепринятой логической взаимосвязи этих понятий.

3.3. Преобразования Лоренца в пространстве-времени внутреннего наблюдателя

Рассмотрим, какие геометрические законы преобразования пространства-времени может открыть для себя внутренний наблюдатель динамической системы («обитатель пещеры»). Учитывая вышеизложенное, можно утверждать, что, наблюдая k -ю подсистему относительно u -й и r -й подсистем, соответствующие внутренние наблюдатели обнаружат следующие соотношения

$$\Delta x_i^{rk} + c \Delta t^r = \lambda_i^r \sum_j \alpha_{ij}^k \Delta X_j^k, \quad \Delta x_i^{uk} + c \Delta t^u = \lambda_i^u \sum_j \alpha_{ij}^k \Delta X_j^k.$$

Отсюда следует очевидное равенство

$$\Delta x_i^{rk} + c \Delta t^r = \lambda (\Delta x_i^{uk} + c \Delta t^u), \quad (3.12)$$

где $\lambda = \frac{\lambda_i^r}{\lambda_i^u}$.

В общем случае, учитывая возможность относительного перемещения подсистем в разных направлениях, результаты наблюдений внутреннего наблюдателя могут быть представлены в виде

$$c\Delta t^r + \Delta x_i^{rk} = \lambda(c\Delta t^u + \Delta x_i^{uk}), \quad (3.13)$$

$$c\Delta t^r - \Delta x_i^{rk} = \mu(c\Delta t^u - \Delta x_i^{uk}). \quad (3.14)$$

Выразив коэффициенты λ и μ через новые постоянные

$$a = \frac{\lambda + \mu}{2}, \quad (3.15)$$

$$b = \frac{\lambda - \mu}{2}, \quad (3.16)$$

получаем

$$\Delta x_i^{rk} = bc\Delta t^u + a\Delta x_i^{uk},$$

$$c\Delta t^r = ac\Delta t^u - b\Delta x_i^{uk}.$$

Для начала координат системы отсчета, связанной с подсистемой r , все время $\Delta x_i^{rk} = 0$, следовательно, имеем

$$\Delta x_i^{uk} = \frac{bc}{a} \Delta t^u.$$

Обозначая через V_i^{ur} скорость, с которой начало координат системы отсчета r движется относительно u в направлении i -й оси, находим

$$\frac{V_i^{ur}}{c} = \frac{b}{a} = \frac{\lambda - \mu}{\lambda + \mu}, \quad (3.17)$$

(предполагается такое направление координатных осей, что $V_{j \neq i}^{ur} = 0$).

Перемножив, соответственно, правые и левые части (3.13) и (3.14), получим

$$(c\Delta t^r)^2 - (\Delta x_i^{rk})^2 = \lambda\mu[(c\Delta t^u)^2 - (\Delta x_i^{uk})^2].$$

Однако, как следует из (3.11), интервал в пространстве событий внутреннего наблюдателя не зависит от выбора подсистемы – объекта начала отсчета. Поэтому

$$\lambda\mu = 1. \quad (3.18)$$

Решая это уравнение совместно с (3.17), а также учитывая (3.15) и (3.16), найдем значения коэффициентов a и b

$$a = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{(V_i^{ur})^2}{c^2}}}, \quad b = \sqrt{\frac{(V_i^{ur})^2}{c^2 - (V_i^{ur})^2}}.$$

Следовательно, внутренний наблюдатель абстрактной системы, производя измерения относительных изменений состояний наблюдаемых подсистем, неотвратимо придёт к выводу о том, что они соотносятся между собой так, как этого требуют преобразования Лоренца. А это означает, что специальная теория относительности для внутреннего наблюдателя системы времени, измеряющего состояния количеством их повторений в цепи событий и отображающего результаты измерений точками в многомерном пространстве, является математическим следствием линейной упорядоченности и необратимости событий.

Подставляя в (3.17) значения λ и μ , с учетом (3.12), (3.18) и (3.5) выразим скорость относительного движения подсистем в пространстве «обитателя пещеры» через величины, характеризующие плотности распределения состояний в цепи событий системы

$$\frac{V_i^{ur}}{c} = \frac{\frac{\lambda_i^r}{\lambda_i^u} - \frac{\lambda_i^r}{\lambda_i^r}}{\frac{\lambda_i^r}{\lambda_i^u} + \frac{\lambda_i^u}{\lambda_i^r}} = \frac{(p_i^u(t))^2 - (p_i^r(t))^2}{(p_i^u(t))^2 + (p_i^r(t))^2}. \quad (3.19)$$

В этом выражении величины

$$p_i^r(t) = \frac{1}{\lambda_i^r} = \frac{\gamma_i^r \Delta N_i^r}{\sum_{i=1}^l \Delta N_i^r} \text{ и } p_i^u(t) = \frac{1}{\lambda_i^u} = \frac{\gamma_i^u \Delta N_i^u}{\sum_{i=1}^l \Delta N_i^u}$$

представляют собой наблюдаемые (масштабированные) частоты появления i -го состояния в цепях событий соответствующих подсистем.

3.4. Отображение цепи событий динамической системы в пространстве ее внутреннего наблюдателя

Рассмотрим некоторые характерные примеры.

1. Пусть частоты появления состояний в цепях событий сравниваемых подсистем остаются неизменными во времени (равномерная плотность цепи событий). Тогда, как это следует из (3.19), относительные скорости точек, отображающих подсистемы в пространстве внутреннего наблюдателя, также остаются неизменными. В предельных случаях, когда отношение этих частот стремится к нулю или к бесконечности, скорость относительного движения точек стремится к предельной скорости, достижимой в пространстве внутреннего наблюдателя. Заметим также, что скорость относительного движения точек в пространстве «обитателя пещеры» тем меньше, чем менее отличаются частоты появления состояний соответствующих подсистем в их цепях событий. Следовательно, если допустить, что степень различия частот характеризует степень неравновесности системы, то с приближением системы к равновесию относительные скорости точек в пространстве внутреннего наблюдателя убывают, движение затухает. Давайте вообразим, что наблюдаемый нами мир является миром «обитателя пещеры». Относительные скорости большинства окружающих нас объектов не превышают скорость распространения звука в воздухе (примерно 300 м/сек). Следовательно, учитывая предельную скорость относительного движения в нашем мире, равную 300 000 000 м/сек, получаем из (3.19), что различие частот одноименных состояний в цепях событий большинства подсистем проявляется не менее, чем в шестом десятичном знаке после запятой. В том мире, который, возможно, существует за пределами «нашей пещеры», мы представляем собой чрезвычайно близкую к равновесию систему. С точки зрения внешнего наблюдателя, в нашем обыденном мире практически ничего не происходит, все состояния распределены во времени почти равномерно.

2. Исследуем теперь распределение частот появления состояний подсистем, чье относительное движение «обитатель пещеры» отображает в пространстве как периодическое. Пусть, например, точка, соответствующая подсистеме

ме u , вращается по окружности в двумерном пространстве вокруг точки, соответствующей подсистеме r . Из формулы (3.19) выразим отношения частот состояний через относительные скорости точек в пространстве.

$$v_i = \frac{p_i^u}{p_i^r} = \sqrt{\frac{1 + \frac{V_i^{ur}}{c}}{1 - \frac{V_i^{ur}}{c}}}.$$

При скорости вращения $v(t)$, значительно меньшей чем c , её проекции на координатные оси могут быть приближённо представлены в виде $v_1 = V_1^{ur} = V \sin 2\pi \frac{t^r}{T}$, $v_2 = V_1^{ur} = V \cos 2\pi \frac{t^r}{T}$, где

V – модуль скорости вращения, t^r – время, исчисляемое количеством событий (суммы всех состояний) подсистемы r , T – период вращения. Допустим, что модуль скорости наблюдаемого вращения так относится к предельной скорости в мире «обитателя пещеры», как в нашем мире первая космическая скорость относится к скорости света $\frac{V}{c} = \frac{7.9}{300000} = 2.63 \times 10^{-5}$. В этом случае отношение частот появле-

ния состояний подсистем в цепи событий периодически отклоняется от единицы, достигая в максимуме 1,0000263, а в минимуме 0,9999737. Обитателю внешнего по отношению к «нашей пещере» мира было бы затруднительно обнаружить разницу в последовательности состояний таких подсистем (точек), как «Земля» и ее «спутник». С другой стороны, если в близкой к равновесию системе наблюдаются периодические флуктуации частот (вероятностей) состояний, то это означает, что в мире ее внутреннего наблюдателя объекты *вращаются* друг относительно друга так же, как и в наблюдаемом нами мире.

4. Динамические поля системы времени

Как может конкретная реальность превратиться в абстрактную, да еще и математическую? Возможно, это обратная сторона вопроса о том, как абстрактные математические понятия могут становиться почти ощутимо реальными в мире Платона. Возможно, в каком-то смысле эти два мира на самом деле – один и тот же мир?

Р. Пенроуз. Новый ум короля

4.1. Принцип наиболее вероятной цепи событий

Итак, мы построили модель системы, в которой «обитатель пещеры», наблюдая чередование состояний объектов (подсистем), населяющих его мир, отображает его в своем сознании относительным движением тел в пространстве. Обнаружив, что в ряде случаев движение является неравномерным, он попытается приписать эту неравномерность взаимодействию объектов его мира. Рано или поздно у него возникнет идея измерять силу взаимодействия величиной изменения скорости относительного движения подсистем.

Наш опыт отражения реальности в динамических моделях свидетельствует о существовании универсальных законов взаимодействия, таких, например, как «слабых», «сильных», электромагнитных, гравитационных и пр. *Но можем ли мы с уверенностью утверждать, что сами не являемся «обитателями пещеры»?* У нас могут появиться основания для подобного утверждения лишь в том случае, если будет доказана исключительность нашего мира, его принципиальная несводимость к миру внутреннего наблюдателя абстрактной динамической системы. Однако опыт человечества со времен Джордано Бруно и Коперника свидетельствует о том, что идеи об исключительности доступного наблюдению мира не подтверждаются. Более того, на каком-то этапе исследования обнаруживается, что окружающий наблюдателя мир сам является подсистемой какой-то иной реальности. Следовательно, можно допустить, что «обитатель пещеры», наблюдая чередование состояний объектов, населяющих его мир, может обнару-

жить закономерности, аналогичные известным нам законам взаимодействия.

Возвращаясь к приведенному выше примеру, мы видим, что взаимодействие подсистем обусловлено скрытыми от внутреннего наблюдателя причинно-следственными связями, порождающими чередование в определенном порядке состояний подсистем в цепи событий. При этом, как видно из (3.19), относительные скорости движения подсистем в пространстве внутреннего наблюдателя инвариантны к порядку следования состояний. Это означает, что одной и той же траектории, определяемой распределением величин ΔN_i , могут соответствовать разные последовательности состояний системы. Не составляет труда определить количество C таких последовательностей для данной траектории, считая величины ΔN_i заданными

$$C(\Delta\tau) = \frac{\Delta\tau!}{\prod_{i=1}^n (\Delta N_i!)}. \quad (4.1)$$

Здесь пока что система рассматривается с точки зрения внешнего наблюдателя, для которого время измеряется количеством всех событий в системе (для внутреннего наблюдателя время измеряется количеством событий в подсистеме, которая выбрана в качестве объекта начала отсчета). Если последовательность состояний в цепи событий интерпретировать как некое сообщение, то логарифм величины C с точностью до масштабного множителя k_I определяет количество информации ΔI в этом сообщении

$$\Delta I(\Delta\tau) = k_I \ln C(\Delta\tau). \quad (4.2)$$

Вероятность цепи событий представляет собой отношение количества последовательностей состояний, допустимых для данной траектории, к количеству всех возможных последовательностей состояний. Чем больше имеется способов реализации одного и того же относительного движения подсистемы различными последовательностями состояний, тем с большей вероятностью именно это движение будет воспринято наблюдателем. Следовательно, можно поставить задачу найти такие траектории подсистем в пространстве внутреннего наблюдателя, которые максимизируют вероятность соответствующей цепи событий. Однако цепь событий произ-

вольной системы времени в общем случае не является ни наиболее, ни наименее вероятной. Тем не менее всегда можно представить произвольную цепь событий объединением двух цепей, одна из которых является наиболее вероятной. Внутренний наблюдатель будет чаще наблюдать те траектории движения, которые соответствуют наиболее вероятной цепи событий. Та же часть системы, чьи состояния образуют менее вероятную цепь событий, отвечает за относительно редкие случайные отклонения (флуктуации) динамической картины мира внутреннего наблюдателя. Для того чтобы придать *принципу наиболее вероятной цепи событий* математическое содержание, необходимо указать максимизируемый функционал и ограничения, которым должна удовлетворять цепь событий.

4.2. Функционал наиболее вероятной цепи событий

Согласно (4.1) наиболее вероятной цепи событий соответствует наибольшее значение S . Однако непосредственное использование этой величины в качестве максимизируемого интегрального критерия затруднено из-за ее неаддитивности. Напротив, количество информации ΔI удовлетворяет требованию аддитивности. Вследствие монотонности логарифмической функции максимальные значения (4.1) и (4.2) взаимно однозначно соответствуют друг другу. В предельном случае (псевдоконтинуальность) сумму можно заменить интегралом

$$\Delta I = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{dI}{d\theta} d\theta,$$

где $d\theta = \Delta\tau \Delta t_0$ – приращение собственного времени всей системы в целом.

Для того чтобы найти значение производной под знаком интеграла, разделим правую и левую части равенства (4.2) на $\Delta\tau$. Логарифмируя и применив формулу Стирлинга, получим

$$\frac{\Delta I}{\Delta\tau} = k_I \left(\sum_i \frac{\Delta N_i}{\Delta\tau} \ln \Delta\tau - \sum_i \frac{\Delta N_i}{\Delta\tau} \ln \Delta N_i \right) = -k_I \sum_i p_i \ln p_i, \quad (4.3)$$

где $p_i = \Delta N_i / \Delta\tau$ – вероятность (частота) появления i -го состояния на отрезке цепи событий.

Правая часть (4.3) представляет собой энтропию H сообщения (Шеннон, 1963), получаемого наблюдателем с упомянутой в первой главе «ленты времени». Разделив правую и левую части равенства (4.3) на квант времени Δt_0 , получим в пределе

$$\frac{dI}{d\theta} = -\frac{k_I}{\Delta t_0} \sum_i p_i \ln p_i,$$

где $k_I / \Delta t_0$ – постоянная, имеющая размерность бит/сек.

Таким образом, условие наиболее вероятной цепи событий записывается в виде

$$\Delta I = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{H}{\Delta t_0} d\theta = \max.$$

Это же условие при замене знака перед интегралом на противоположный может быть записано в виде, аналогичном принципу наименьшего действия

$$J_f = - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{H}{\Delta t_0} d\theta = \min. \quad (4.4)$$

Однако здесь действие измеряется количеством информации, т. е., согласно классическому определению, логарифмом количества возможных сообщений (цепей событий) при заданном алфавите и распределении символов (состояний). Если данному набору состояний соответствует лишь одна возможная цепь событий, то количество информации в ней равно нулю. Но *дробных количеств цепей событий (равно как и сообщений) быть не может по определению. Наименьшим количеством информации обладает набор состояний, допускающий лишь две возможные цепи событий. Следовательно, количество информации – квантованная величина, обычно измеряемая в битах.* Учитывая, что квант информации равен одному биту (логарифму числа 2), а квант физического действия – величине постоянной Планка $\hbar$, можно перейти к физической размерности действия, умножив количество информации на константу $\hbar$.

С точки зрения внешнего наблюдателя, время измеряется количеством всех событий в системе. Так как нас интересует динамика системы, рассматриваемая относительно

внутреннего наблюдателя, необходимо в (4.4) перейти к его собственному времени t , измеряемому количеством событий в некоторой r -й подсистеме, выбранной в качестве объекта начала отсчёта. При этом $dt = \Delta\tau^r \Delta t_0$. Произведя замену переменных в (4.4), получим действие J_f относительно внутреннего наблюдателя в физических единицах

$$J_f = - \int_{t_1}^{t_2} H \frac{h}{\Delta t_0} \frac{\Delta\tau}{\Delta\tau^r} dt = \min. \quad (4.5)$$

Величина $\Delta\tau/\Delta\tau^r = \beta$ представляет собой отношение собственного времени системы к собственному времени внутреннего наблюдателя. Вследствие линейной упорядоченности событий (гипотеза одновременности) имеем: $\Delta\tau = \sum \Delta\tau^k$. Поэтому функционал (4.5) можно представить в виде суммы

$$J_f = - \int_{t_1}^{t_2} H \frac{h}{\Delta t_0} \sum_k \beta_k dt.$$

Выразив сумму через средние значения, получим

$$\sum_{k=1}^N \beta_k = \frac{N}{mc^2} \left(\overline{mc^2} + \left\langle \frac{\overline{m}g_k^2}{2g_{00}} \right\rangle + \langle E_k \rangle \right),$$

где N – количество подсистем, а m – постоянная, на которую мы умножили и разделили сумму коэффициентов, аналогичная по смыслу средней массе подсистемы

$$g_k^2 = \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 - \sum \left(\frac{dx_i^k}{dt} \right)^2.$$

В этом выражении величина $\langle E_k \rangle = \left\langle \frac{\overline{m}g_k^2}{2g_{00}} \right\rangle \langle E_k \rangle = \left\langle \frac{\overline{m}g_k^2}{2g_{00}} \right\rangle$ соответствует той части средней (кинетической) энергии подсистем в составе наблюдаемой системы, которая обусловлена их относительным движением. Величина $\left\langle \frac{\overline{m}g_k^2}{2g_{00}} \right\rangle$ соответствует той части средней энергии подсистем, которая обусловлена кривизной пространства событий. Действительно, в плоском пространстве всюду $g_{00}=1$ и $\mathfrak{g}_k=0$. По аналогии с молекулярно-кинетической теорией величину средней кинетической энергии будем с точностью до масштабного множителя измерять величиной *температуры* системы

$$\langle E_k \rangle = \frac{l}{2} kT,$$

где l – число степеней свободы подсистемы.

Принимая константу k равной постоянной Больцмана, получим величину температуры в градусах. По аналогии с *кинетической* температурой T можно ввести понятие *гравитационной* температуры T_g такой, что

$$\left\langle \frac{\overline{m}g_k^2}{2g_{00}} \right\rangle = \frac{l}{2} kT_g.$$

Гравитационная температура служит мерой дополнительной средней энергии относительного движения подсистем, обусловленной кривизной пространства событий. В плоском пространстве она равна нулю.

Рассматривая систему в целом, мы полагаем ее замкнутой. В однородном времени функция Лагранжа замкнутой системы $L = -dJ/dt$ не зависит от времени явно. Отсюда следует существование интеграла движения, называемого энергией системы

$$W = E + \frac{dJ}{dt} = \text{const},$$

где E – квадратичная функция скоростей.

Выше было дано определение действию как произведению количества информации на постоянную Планка. При этом одному биту информации соответствует один квант действия. Следовательно, функцию Лагранжа можно представить в виде

$$L = -\frac{\Delta J}{\Delta t} = -\frac{\Delta I h}{\Delta t}.$$

Система в целом неподвижна относительно наблюдателя. Энергия покоящейся системы равна Mc^2 , где $M = Nm$. Эта энергия не зависит от того, какое количество информации производится в системе. Следовательно, интеграл движения при производстве одного бита информации имеет вид

$$Mc^2 = E + \frac{h}{\Delta t'}.$$

Так как E – положительно определенная квадратичная функция, то наибольшее значение отношения $h/\Delta t'$ будет достигаться при $E=0$. Но наибольшему значению этого отношения соответствует наименьшее возможное приращение времени – квант Δt_0 . Следовательно,

$$Mc^2 = \frac{h}{\Delta t_0}.$$

Обозначив физическую энтропию $k \frac{H}{k_I} = S$ и выполнив необходимые подстановки, получим

$$J_f = - \int N \frac{lN}{2} T_g S dt - \int N \left(\frac{lN}{2} T + \frac{Mc^2}{k} \right) S dt.$$

Нормируя температуру $T \rightarrow T - T_0$ таким образом, чтобы ее нуль соответствовал энергии покоя системы $(lN/2)T_0 = Mc^2/k$, упростим выражение функционала

$$J_f = - \int N \frac{lN}{2} (T_g + T) S dt. \quad (4.6)$$

Величина lN не зависит от способа декомпозиции системы, так как представляет собой количество ее степеней свободы в целом. Множитель N является неопределенным, так как любую систему можно представлять состоящей из различного количества подсистем, по-разному комбинируя их составные части. Если рассматриваются такие виды взаимодействий, при которых количество подсистем не изменяется, то этим множителем при выводе уравнений поля можно пренебречь. Если же рассматриваются взаимодействия, связанные с процессами синтеза или распада подсистем, то он должен быть учтен при выводе уравнений поля.

4.3. Уравнения движения

Уравнения движения и уравнения *общего* поля могут быть получены варьированием функционала наиболее вероятной цепи событий. Однако при этом *должны быть учтены ограничения, накладываемые закономерностями цепи событий на возможные траектории движения подсистем времени*. Учет ограничений принципиально отличает постулат наиболее вероятной цепи событий от постулата наименьшего действия. Основным следствием гипотезы неодновременности является закономерность (3.7), согласно которой собственное время подсистемы на отрезке цепи, заключенном между двумя фиксированными событиями, пропорционально количеству всех ее состояний

$$cdt^k = \sum_{i=1}^l \Delta N_i^k c \Delta t_0 = \left(\sum_{j=1}^l a_{0j} dx_j^k + a_{00} c dt \right) = ds^k.$$

Интегрируя, получим

$$\int_{t_1}^{t_2} ds^k = \int_{t_1}^{t_2} \left(\sum_{j=1}^l a_{0j} dx_j^k + a_{00} c dt \right). \quad (4.7)$$

Этим уравнением накладывается *первое ограничение* на допустимую траекторию k -той подсистемы. *Второе ограничение* связано с необратимостью времени $t \geq 0$ и имеет вид неравенства

$$\int_{t_1}^{t_2} \left(\sum_{j=1}^l a_{0j} dx_j^k + a_{00} c dt \right) \geq 0. \quad (4.8)$$

Заметим, что, несмотря на кажущуюся тавтологию, второе

ограничение не зависит от первого, так как $ds^k = \pm \sqrt{\sum_{j=0}^l g_{ij} dx_i^k dx_j^k}$

может иметь любой знак независимо от траектории k -й подсистемы. Экстремали функционала J_f , полученные без учета ограничений (4.7) и (4.8), не соответствуют истинным траекториям подсистем. Для того чтобы найти истинные траектории, необходимо решить так называемую условно экстремальную задачу $J_f = \min$ с ограничениями (4.7) и (4.8). Как известно, решения подобной задачи должны минимизировать функционал вида

$$J = J_f + \sum_k (\lambda_k + \lambda'_k) \int_{t_1}^{t_2} \left(\sum_{j=1}^l a_{0j} dx_j^k + a_{00} c dt \right) - \sum_k \lambda_k \int_{t_1}^{t_2} ds^k, \quad (4.9)$$

где λ_k, λ'_k – множители Лагранжа, причем $\partial J / \partial \lambda'_k \geq 0$.

Анализ области допустимых значений множителей Лагранжа показывает, что множитель λ_k может принимать только положительные значения. В отношении λ'_k подобные ограничения отсутствуют. Следовательно, он может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Обозначим:

$$\lambda_k = m_k c, \quad (4.10)$$

$$\lambda'_k = -\gamma \frac{e_k}{c}, \quad (4.11)$$

где γ – масштабный коэффициент, учитывающий единицы измерения.

Постоянная m_k аналогична по смыслу *массе* частицы. Сумма множителей Лагранжа

$$\lambda_k + \lambda'_k = -\gamma \frac{q_k}{c} = -\frac{\gamma}{c} \left(-\frac{m_k c^2}{\gamma} + e_k \right) \quad (4.12)$$

с точностью до множителя γ/c аналогична заряду частицы q . Подставляя (4.10)–(4.12) в (4.9), получим

$$J = J_f - \sum_k \frac{q_k}{c} \int_{t_1}^{t_2} \left(\sum_{j=1}^l \gamma a_{0j} dx_j^k + \gamma a_{00} c dt \right) - \sum_k m_k c \int_{t_1}^{t_2} ds^k. \quad (4.13)$$

Множители Лагранжа в условно экстремальной задаче с ограничениями типа неравенств определяют внутреннюю область допустимых траекторий подсистемы. Таким образом, величины масс и зарядов непосредственно связаны с граничными условиями, определяющими пространственно-временную область существования системы времени.

Варьируя траектории в искривленном (в общем случае) пространстве, получим тензорные уравнения движения подсистем в виде, аналогичном известным уравнениям электродинамики

$$m_k c \frac{Du^i}{ds} = \frac{q_k}{c} F^{ij} u^j, \quad (4.14)$$

где u^i – компонента вектора скорости подсистемы; $F^{ij} = \partial A_j / \partial x^i - \partial A_i / \partial x^j$ – тензор электромагнитного поля; $A_i = \gamma a_{0i}$ – компоненты векторного потенциала; $Du^i/ds = du^i/ds + \Gamma_{jv}^i u^j u^v$; Γ_{jv}^i – символы Кристоффеля; i, j, v – индексы, принимающие независимо друг от друга значения от 0 до 1.

Из (4.14) видно, что уравнения относительного движения подсистемы времени аналогичны уравнениям электродинамики в гравитационном поле для частицы массой m_k , несущей заряд q_k . Однако, в отличие от классической электродинамики, здесь в качестве эквивалента электрического заряда выступает сумма $-m_k c^2/\gamma + e_k$. Следовательно, электромагнитное взаимодействие подсистем времени можно представить в виде суммы двух взаимодействий. Одно из них порождается виртуальными зарядами электричества e_k , а второе – виртуальными зарядами масс $-m_k c^2/\gamma$. Общее поле системы, как видно из (4.6), включает также гравитационную составляющую, обусловленную кривизной пространства событий. Таким образом, с точки зрения гипотезы неодновременности масса играет двоякую роль. С одной стороны, она участвует в межчастичных взаимодействиях, являясь одной из составляющих электрического заряда,

а с другой – выступает в качестве источника гравитационного взаимодействия, искривляя пространство событий. Следует также отметить еще одну немаловажную деталь. Потенциалы электромагнитного поля системы времени являются линейными функциями элементов матрицы A . Следовательно, в плоском пространстве, где $a_{ij} = \text{const}$, тензор электромагнитного поля равен нулю, т. е. поле отсутствует. Поэтому известные уравнения поля, выведенные для плоского пространства, с точки зрения гипотезы неодновременности следует рассматривать как Максвеллов

предел $q_k \rightarrow e_k$, $ds_k \rightarrow \sqrt{\sum_{i=0}^l (dx_i^k)^2}$, соответствующий случаю, когда

виртуальным зарядом массы и кривизной пространства событий можно пренебречь $|m_k c^2/\gamma| \ll |e_k|$, $\beta_k^2 \ll v_k^2$. Задача анализа отличий электродинамики системы времени от классической представляет отдельную тему для исследований, выходящих за рамки данной работы. Указывают ли эти отличия на принципиальную несводимость законов нашего мира к следствиям гипотезы неодновременности или, может быть, они просто еще не обнаружены физическими экспериментами?

В заключение данного раздела отметим ту роль, которую играет необратимость времени в явлении электромагнетизма. Действительно, при отсутствии ограничения (4.8), являющегося математическим выражением необратимости, электромагнитный заряд подсистемы q_k становится эквивалентом массы (исчезает множитель Лагранжа λ'_k для всех подсистем). В этом случае электромагнитное взаимодействие вырождается.

4.4. Подход к уравнениям общего поля

Та часть функционала наиболее вероятной цепи событий, которая характеризует действие общего поля J_f , не зависит явно от траекторий отдельных подсистем и поэтому не влияет на уравнения их движения (4.14). Однако она становится необходимой, когда мы хотим найти уравнения самого поля. Для того чтобы решить эту задачу, необходимо выразить действие поля через его потенциалы. Как было показано выше, действие общего поля представляет собой сумму

$$J_f = J_{fg} + J_{fe},$$

где J_{fg} – та часть действия, которая обусловлена кривизной пространства событий, J_{fe} – та часть действия, которая не исчезает в плоском пространстве событий.

Как видно из (4.13), переменными общего поля являются величины a_{0j} ($j=0,1,...,l$), входящие во второе слагаемое, и компоненты метрического тензора g_{ij} , входящие в третье слагаемое. Сами эти переменные, в свою очередь, могут быть выражены через компоненты a_{ij} матрицы A , отображающей пространство событий внутреннего наблюдателя в пространство событий внешнего.

$$a_{0j} = \sum_i a_{ij}, \quad (4.15)$$

$$[g_{ij}] = A \times A^T. \quad (4.16)$$

В связи с этим матрицу A будем называть матрицей общего поля системы времени, а порождаемые ею величины a_{0j} и g_{ij} – потенциалами общего поля. Заметим, что эти потенциалы являются независимыми переменными, хотя и порождаются общей матрицей. Это видно уже из того, что в системе уравнений (4.15, 4.16) вследствие симметрии $[g_{ij}]$ имеется l^2 независимых уравнений при ранге матрицы A , равном l . Следовательно, задавая произвольно a_{0j} и g_{ij} , получим систему уравнений, из которой можно найти l^2 компонент матрицы общего поля. А это, в свою очередь, свидетельствует о принципиальной возможности существования такого поля. Независимость потенциалов a_{0j} и g_{ij} позволяет, варьируя потенциалы электромагнитного поля, игнорировать слагаемое действия J_{fg} , а варьируя потенциалы гравитационного поля – игнорировать слагаемое действия J_{fe} , что в значительной мере упрощает вывод и окончательный вид уравнений поля.

В классической теории электромагнитного поля (Ландау, Лифшиц, 1988) вид функционала J_{fe} получают путем рассуждений, из которых следует единственно возможное его математическое выражение. Все они, за исключением одного, имеют общематематическое содержание и могут относиться к функционалам любых абстрактных систем. Однако утверждение о том, что электромагнитное поле должно подчиняться *принципу суперпозиции*, основано на эмпирических данных. В дедуктивной теории поля, базирующейся на гипотезе одновременности, оснований для эмпирических обобщений нет. Тем не менее именно гипотеза одновремен-

ности дает ключ к обоснованию принципа суперпозиции без ссылок на физические эксперименты.

Как было показано А. Заславским (2004), для системы Σ , состоящей из подсистем Σ' и Σ'' , матрица общего поля A является суммой $A=A'+A''$. Отсюда следует, что $a_{0j} = a'_{0j} + a''_{0j}$, а это означает, что *электромагнитное поле системы времени подчиняется принципу суперпозиции*. Заметим сразу, что гравитационное поле не подчиняется этому принципу уже в силу определения (4.16) его потенциалов. Вид функционала J_{fg} должен удовлетворять дополнительному условию, согласно которому он тождественно обращается в нуль при нулевой кривизне пространства событий. Это условие выполняется в том случае, если под знаком интеграла стоит скалярная кривизна R пространства событий. Таким образом, функционал общего поля системы времени, выраженный через потенциалы и их производные, может быть получен компиляцией известных в электродинамике и общей теории относительности выражений

$$J_f = - \iint (k_g R + k_e F^i F_i) \sqrt{-g} dV dt, \quad (4.17)$$

где k_g – гравитационная постоянная, k_e – постоянная электромагнитного поля, g – определитель, составленный из величин g_{ij} .

Объединяя функционал общего поля с ограничениями (4.7) и (4.8), получим в окончательном виде функционал наиболее вероятной цепи событий

$$J = - \iint (k_g R + k_e F^i F_i) \sqrt{-g} dV dt - \sum_k \frac{q_k}{c} \int_{t_1}^{t_2} A_j dx_k^j - \sum_k m_k c \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{g_{ij} dx_k^i dx_k^j}, \quad (4.18)$$

$$q_k = - \frac{m_k c}{\gamma} + e_k.$$

Варьируя этот функционал по траекториям, получаем *уравнения движения*; варьируя по потенциалам электромагнитного поля – обобщенные *уравнения Максвелла для электромагнитного поля*; варьируя по потенциалам гравитационного поля – *уравнения Эйнштейна*. Однако этих уравнений недостаточно для полного определения распределения и движения подсистем. Необходимо присоединить к ним ещё уравнения состояния системы времени, связывающие между собой термодинамические переменные. Эти уравнения нельзя получить варьированием функционала

(4.18). И тем не менее можно указать путь их вывода из принципа наиболее вероятной цепи событий. Сравнивая (4.6) с (4.17), получим

$$N \frac{IN}{2} T_g S = \int_V k_g R \sqrt{-g} dV,$$

$$N \frac{IN}{2} TS = \int_V k_e F^{ij} F_{ij} \sqrt{-g} dV.$$

Исключая из этих уравнений энтропию, получим уравнение, связывающее кривизну пространства событий с тензором электромагнитного поля и температурой системы

$$T \int_V k_g R \sqrt{-g} dV = T_g \int_V k_e F^{ij} F_{ij} \sqrt{-g} dV.$$

5. Заключение

Создание теории, объединяющей гравитацию и электромагнетизм – задача физики. Здесь же намечен лишь общесистемный подход к этой проблеме в духе той, еще не получившей общего признания науки, которую называют *темпорологией*. Я далек от мысли, что выведенные соотношения окончательны и не потребуют пересмотра в дальнейшем. Тем не менее показана принципиальная возможность построения абстрактной теории поля и уравнений движения абстрактной системы, исходя из представлений о конструкции необратимо «текущего» времени, а не изначально заданных геометрических свойств пространства, в котором времени отводится всего лишь роль одной из координат. Полученный результат является серьезным аргументом в пользу того, что Время как линейная упорядоченность абстрактных событий является причиной всех физических законов.

Вспомним исходную постановку задачи. Рассматривается абстрактный автомат, взаимодействующий с внешней средой посредством сигналов, передаваемых с помощью бесконечной ленты, движущейся в одном направлении. Конечно же, передача сигналов может осуществляться любым иным способом. Но вот что важно и является самым удивительным, с моей точки зрения. *Это формальное сходство динамических законов и энергетическая независимость внутреннего и внешнего миров.* Хотя мы видели, что внутренний мир «пещеры» так же, как и внешний, характеризуется силовыми полями, энер-

гиями, массами и зарядами подсистем – все эти величины никаким образом не могут быть соотнесены с аналогичными во внешнем мире. Динамика внутреннего мира не зависит от того, какая энергия тратится на «движение ленты», от физико-химических свойств среды и даже от того, движется лента равномерно или нет. И тем не менее *связь между мирами существует, и эта связь информационная.* Динамика внутреннего мира обусловлена распределением состояний в цепи событий (символов на ленте). «Обитатель пещеры», интерпретируя чередование света и тени движением материальных точек, ощущает себя в мире динамических взаимодействий. Следовательно, передавая информацию из внешнего мира, можно влиять на динамические процессы внутреннего, а сами эти процессы создают новую информацию во внешнем мире. Таким образом, между внешним и внутренним мирами может осуществляться целенаправленное (сознательное?) информационное взаимодействие. Какой же из этих миров следует считать реальностью, а какой – абстракцией? Или вслед за Р. Пенроузом предположить, что «*в каком-то смысле эти два мира на самом деле – один и тот же мир?*»

ЛИТЕРАТУРА

- Брауэр В. Введение в теорию конечных автоматов. Пер. с нем. М.: Радио и связь, 1987. 392 с.
- Джордж Ф. Основы кибернетики. Пер. с англ. М.: Радио и связь. 1984. 272 с.
- Заславский А.М. Метафизика и системный анализ http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/zaslavsky_metafisika/zaslavsky_metafisika.htm. 2002.
- Заславский А.М. Гипотеза неодновременности. Подход к проблеме общей теории поля. http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/zaslavsky_gipoteza/zaslavsky_gipoteza.htm. 2004.
- Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. Перевод с английского. М.: Мир, 1971. 400 с.
- Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Т. II. Теория поля. М.: Наука, 1988. 512 с.
- Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Пер. с англ. М.: Иностранная литература, 1963. 829 с.
- Fraser J.T. The study of time. V. 1. N.Y.: Springer-Verlag, 1972. 479 p.
- Nyquist H. Certain Factors Affecting Telegraph Speed. Bell Systems Journal. V. 3. 1924.

ГЛАВА XV

Алексей Д. Арманд
Институт географии РАН

Дуализм времени

В человеческом обиходе время выполняет две функции: служит для измерения длительности процессов и установления порядка событий. Возможность такого использования предопределена двойственной природой феномена времени. Время-дление (по А. Бергсону) находится в отношении дополнительности к времени-порядку. С увеличением единицы измерения времени (единицы неразличимости) уменьшается ошибка определения длительности процессов и увеличивается ошибка определения порядка. Произведение ошибок – константа, специфичная для каждого физического, биологического или социального процесса. Символ t имеет различный смысл в уравнениях движения классической физики и в постулатах термодинамики, теории эволюции (биологической, космической, геологической, социальной). В первом случае оператор t представляет время-дление, в других применениях содержание символа меняется, он становится обозначением преимущественно времени-порядка. Свойство длениа и свойство порядка не существуют друг без друга. В предельных случаях, когда ошибка длениа или ошибка порядка достигают одна нуля, а другая – бесконечности, время исчезает. Как человеческая деятельность, так и объективные процессы материального мира происходят в бесконечном множестве «темпомиров», отличающихся величиной единицы неразличимости, однако естественный отбор дает некоторым их значениям преимущество, например посредством навязывания множеству событий конкретных космических, биологических и других ритмов. С признанием дуализма времени естественным образом разрешаются некоторые проблемы и парадоксы хронософии, например апории Зенона. Для пространства характерен аналогичный дуализм расстояния и порядка.

Ключевые слова: *время, дуализм, дополнительность, дление, порядок.*

1. Два лица времени

Существуют две основные функции времени, важные для жизни и развития общества. Первая – время позволяет сравнивать длительности процессов и явлений. А. Бергсон (1923) в связи с этим писал о времени как «длении». Вторая – возможность при помощи времени установить

очередность, *порядок* событий. Очевидно, для исполнения двух ролей само время должно обладать двумя различными свойствами. А.П. Левич (1996) формулировал первое свойство как параметрическое время, второе – как предвремя. Первое используется, например, при подсчете затрат труда, энергии, денег на выполнение какого-то плана. Второе свойство необходимо для выявления причинно-следственных связей в цепи событий, для согласования действий частей в многокомпонентных системах и др.

Дление и порядок находятся в отношении дополнительности друг к другу. Чем меньше инерция, тем чаще смены, тем интенсивнее протекает процесс. Для иллюстрации этого положения зададимся некоторым предельно малым «квантом» времени τ . Предел различения ставится точностью наличного хронометрического механизма. Для определения длительности событий внешнего мира мы можем воспользоваться этой минимальной временной единицей неразличимости (ВЕН), или сделать шкалу более грубой, с единицей, равной двум квантам, трем и т. д. От выбора единицы зависит неопределенность Δl при получении информации о порядке событий и неопределенность измерения их длительности $\Delta \delta$. Под неопределенностью будем понимать вероятность получить при измерении неверный ответ. Чем крупнее единица, тем меньше вероятность ошибиться в определении длины отрезка – в этих единицах. Величина неопределенности обратно пропорциональна величине взятой единицы. Порядок событий, наоборот, становится тем менее определенным, чем больше принятый интервал неразличимости, так как события, попавшие в один и тот же интервал, оказываются для наблюдателя одновременными.

Поясним это утверждение на несложном числовом примере. Для наглядности временные интервалы заменим длиной отрезков. Разобьем отрезок длиной в 16 на два, четыре, восемь и шестнадцать интервалов (рис. 1). Нашим ВЕН будут соответствовать отрезки длиной 16τ , 8τ , 4τ , 2τ , и т. Очевидно, разрешающая способность нашего хронометра (на рисунке – измерителя длины, линейки) будет уменьшаться снизу вверх. Для определения вероятной ошибки используем метод Монте-Карло. В данном случае он будет состоять в многократном повторении случайного «бросания» пробного отрезка длиной v на шкалу и последующего

измерения его длины. Полученный результат может быть оценен как правильный, отвечающий истинной длине, или как неправильный, если в результате недостаточной разрешающей способности шкалы внесена ошибка. Итогом измерения будет i правильных результатов и j неверных. Если общее число измерений в данной серии обозначить символом k , то $j/k + i/k = 1$. Вероятность ошибки измерения единицы дления будет равна: $(\text{ВЕН}) = j/k$.

ВЕН	Δn	$\Delta \partial$	$\Delta n \cdot \Delta \partial$
16 τ :-----	1.0	0.0625	0.0625
8 τ :-----	0,5	0.125	0.0625
4 τ :-----	0.25	0.25	0.0625
2 τ :-----	0.125	0.5	0.0625
τ :-----	0.0625	1.0	0.0625
0 2 4 6 8 10 12 14 16 N			

Рис. 1. Размеры неопределенности дления и порядка при разной величине временной единицы неразличимости. ВЕН – величина единиц неразличимости, N – порядок минимальных единиц неразличимости, Δn – величина вероятной ошибки определения *порядка* событий, $\Delta \partial$ – величина вероятной ошибки определения *длительности* событий, $n \cdot \Delta \partial$ – величина произведения вероятных ошибок

Выберем длину пробного отрезка, пусть она будет равна $\text{ВЕН} = \tau$. Предположим, что нам известна длина отрезка τ с как угодно большой точностью. Тогда в каждом акте производства измерений мы всегда можем определить, соответствует ли полученный результат истине или нет. Производя измерения в системе единиц $\text{ВЕН} = \tau$, мы можем получить один из двух результатов: $v = \tau$ или $v = 2\tau$. Первый результат – в том случае, если пробный отрезок точно ляжет в интервал $N_i \div N_{i+1}$, второй – если пробный отрезок пересечет границу между двумя соседними интервалами. Поскольку, по условию, положение концов пробного отрезка внутри интервала, равного ВЕН, мы определить не можем, результат измерений во втором варианте: $\text{ВЕН} = 2\tau$. Его следует отнести к неверным. Подводя итог множества k измерений, мы заметим, что количество результатов первого типа – нулевое. Это результат того, что разделительные линии между интервалами шкалы не имеют толщины (как и разделительная точка между прошлым и будущим временем), поэтому вероятность точного совпадения про-

бного отрезка с единицей шкалы бесконечно мала. Практически все k измерений дадут ошибочный результат. В итоге серии измерений с $\text{ВЕН} = \tau$ мы получаем $\Delta \partial(\tau) = k/k = 1$.

Аналогичным рассуждением можно показать, что при $v = 2\tau$, $v = 2,5\tau$ и т. д. результат остается прежним.

Иначе обстоит дело, когда мы переходим к более грубой шкале, $\text{ВЕН} = 2\tau$. Здесь пробный отрезок длиной $v = \tau$ только в половине случаев пересечет границу между соседними интервалами и будет отнесен к ошибочным. Отрезок вдвое большей длины, $v = 2$ в половине случаев будет измерен правильно, когда $v_i = 2$, и в половине, когда $v_i = 3$ – неправильно. То же касается еще более длинных пробных отрезков. В итоге $\Delta \partial(2\tau) = j/k = 0.5$.

Продолжая процедуру измерений с применением еще более грубых шкал, получим: $\Delta \partial(4\tau) = 0,25$, $\Delta \partial(8\tau) = 0,125$, $\Delta \partial(16\tau) = 0,0625$.

Для определения вероятной ошибки *порядка* Δn изменим постановку задачи, применяя тот же метод Монте-Карло. Определим в качестве правильного результат измерения, когда две точки, разделенные расстоянием $\mu_i = \tau$, окажутся в соседних интервалах шкалы. При попадании в один и тот же интервал такая пара окажется для данной шкалы неразличимой по порядку расположения, т. е. результат измерения будет ошибочным. Далее, следуя тем же путем, что и при определении вероятной ошибки дления, мы найдем, что $\Delta n(\tau) = 0,0625$, $\Delta n(2\tau) = 0,125$, $\Delta n(4\tau) = 0,25$, $\Delta n(8\tau) = 0,5$, $\Delta n(16\tau) = 1$.

Выпишем величину неопределенности порядка Δn и длительности $\Delta \partial$ событий для этих вариантов в две колонки (рис. 1). Перемножая величины неопределенностей, мы обнаруживаем, что произведение двух неопределенностей при любой длине единицы измерения остается одним и тем же, а именно равным величине минимальной единицы, «кванта» времени: $\Delta n \cdot \Delta \partial = 0,0625 = \tau$. Очевидна аналогия с соотношением неопределенностей В. Гейзенберга (1932), где произведение вероятных ошибок в определении координаты и импульса элементарной частицы приводит к постоянной Планка: $\Delta p \cdot \Delta q \sim \hbar/4\pi$ (Гейзенберг, 1932). Графически эта зависимость выражается гиперболой (рис. 2).

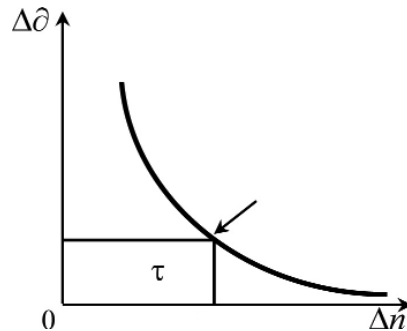


Рис. 2 Дополнительность времени-дления и времени-порядка. Δn – величина вероятной ошибки определения длительности событий, $\Delta \delta$ – величина вероятной ошибки определения порядка. Площадь прямоугольника $\Delta n \cdot \Delta \delta = \tau$ – константа дополнительности. Стрелка – индекс текущего соотношения порядка и дления

Здесь полезно вернуться от модели, где для наглядности использовались пространственные единицы длины и представление о пространственном порядке, к модели времени с единицами длительности и упорядоченностью событий на оси времени. Результат, очевидно, в качественном отношении не должен отличаться от полученного выше. Не повлияет на него и выбор любой величины «кванта» времени, например, предложенной Н. Бором $\tau = 10^{-28}$ с.

По гиперболе перемещается точка, представляющая длительность единицы неразличимости (на рисунке указана стрелкой): чем больше протяженность единицы, тем больше смещение вправо, и наоборот. Произведение неопределенностей, «квант» времени, равно площади прямоугольника, ограниченного гиперболой. Наличие предельно малой единицы не позволяет протянуть ветви графика в бесконечность в одну и в другую сторону: ошибки могут быть сколь угодно малы, но по условию дополнительности должны иметь конечную величину.

2. Настоящее

Выбор единицы отсчета времени (ВЕН) в обиходе зависит от субъективного ощущения длительности отрезка между прошлым и будущим, длительностью того, что мы связыва-

ем с понятием «сейчас». Понимание «настоящего» как точечной границы между прошлым и будущим – не более, чем абстракция. Для любого живого существа (если не принимать во внимание математиков) даже самое малое «сейчас» имеет конечный размер. Его нередко связывали с «мигом» – движением глазного века, с одним ударом сердца и др. Для палеонтолога настоящее время ассоциируется с промежутком порядка миллиона лет, для историка – тысячи лет, для синоптика – суток, для спортсмена-легкоатлета – сотых долей секунды. Опираясь на длительность этого настоящего, путем экстраполяции его в прошлое и будущее мы получаем нужную нам шкалу для операций со временем.

Обыватель живет во многих временных масштабах, но в каждый момент «рабочим» оказывается один из них: при праздновании юбилеев за единицу принимается пятилетие, при выяснении возраста – год, при планировании сельскохозяйственных и других сезонных работ – месяц, при планировании дневных дел – час. Возможность перехода от одной единицы к другой дает необычайную гибкость во взаимоотношениях человека с окружающей средой. Многократно в течение дня человек вынужден заново приспосабливаться к среде, которая, по определению С.П. Курдюмова и Е.Н. Князева (Князева, Курдюмов, 1994), представляет собой иерархию *темпомиров*. Необходимость в переходе от одной шкалы к другой создается потребностью в одних случаях – увеличить различимость порядка событий, пренебрегая точностью в определении длительности, в других – приходится жертвовать деталями в последовательности ради определенности в обозначении длительности события.

При необходимости человеческий интеллект создает новые ритмы и с ними – новые времена, например для космонавтов, обращающихся вокруг Земли. Каждый вновь созданный механический колебательный контур, каждое вновь родившееся живое существо – это особая система отсчета времени, которая живет и умирает вместе с механизмом или организмом.

Может показаться, что переходы от одной системы единиц времени к другой – чисто мыслительная операция, возможно даже, дело вкуса «пользователя» временной шкалы. Есть ли разница, например, в какой форме записать возраст Земли: в миллиардах лет, в тысячах лет, в сутках или

секундах? Между тем независимо от человека в природе также постоянно происходит измерение времени. Множество циклических явлений в живой и неживой природе на поверхности Земли «выбрали» основной единицей измерения времени сутки или год не по произволу, а потому, что эти кванты дления заданы им объективными космическими процессами.

3. Исчезновение времени

Как уже было сказано, принцип дополнительности запрещает доводить величину ошибок дления и порядка до бесконечно большого размера или, наоборот, до нуля. Но попробуем мысленно снять этот барьер и посмотреть, что станет со временем, например, если увеличить размер единицы неразличимости до бесконечности. Очевидно, в такой же пропорции до бесконечности возрастет ошибка определения порядка Δn . При этом время потеряет свое основное свойство – «течь», отражать изменения в материальном мире. Согласно другой парадигме – даже не отражать изменения, а быть их физической причиной.

При бесконечном сдвигании индекса (рис. 2) в другую сторону, влево и вверх, мы достигаем абсолютного знания относительно порядка событий, но бесконечно большая ошибка Δd и тождественно равная нулю единица неразличимости делают невозможным измерение протяженности какого-либо интервала в таком времени. Из нулей, как известно, никакой длительности составить нельзя. Следовательно, реально лишь такое представление о времени, в котором единицы измерения прошлого и будущего имеют конечную длительность. В обоих крайних состояниях время просто исчезает как ощутимая каким-либо образом реальность. Но приближение к этим запретным состояниям, возможно, осуществляются в действительности. Представления о сингулярности, в которой пребывал Мир до Большого взрыва, могут коррелировать с состоянием минимальной ВЕН. Когда практически останавливаются физические процессы, способные нести информацию о длительности явлений, понятие времени теряет смысл.

Зато поразительный эффект первых секунд существования Вселенной, когда за интервалы, ничтожные по нашим

мерам, совершились события, равноценные миллиардам последующих лет, может быть следствием мгновенного растяжения единицы неразличимости, в которую вместилося великое множество преобразований.

Если снова наступит момент почти полной остановки движения, например, в результате тепловой смерти, дление приблизится к минимальному пределу, а в мире наступит господство порядка в форме застывшего пространственного порядка.

4. Инверсия структуры времени

Представление о «настоящем» мы связываем с активным отрезком мировой истории, когда совершается физическая работа, когда энергия теряет свою упорядоченность, а вещество за счет этого может количество порядка увеличить. В целом настоящее – это тот отрезок времени, когда в обозримом мире возрастает количество термодинамической энтропии и возрастает количество информации. Уходя в прошлое, они сохраняют дальше эти количественные показатели.

Поток времени подобен зонной плавке металла. Металлург, проходя нагревателем по твердому металлическому стержню, превращает узкий участок его в расплав, в активной зоне меняет его структуру и химический состав и позволяет снова застыть в измененном виде. Подобно этому время тоже меняет свои характеристики в коротком интервале настоящего. Происходящие при этом изменения можно назвать *инверсией структуры времени* (рис. 3).

Чрезвычайно длинные единицы неразличимости при переходе из будущего в прошлое резко укорачиваются, и соответственно предельно уменьшается неопределенность порядка. *Возможные* события переходят в категорию *действительных*. После завершения преобразований очередность событий сохраняется как угодно долго.

Но материальные и нематериальные следы прошлых событий продолжают существовать в настоящем, где происходит их постепенное «стирание» из памяти людей и из «памяти» природы. Благодаря этому обращение к событиям прошлого приносит нам все менее достоверную, менее точную информацию. Этот процесс равносителен обратному

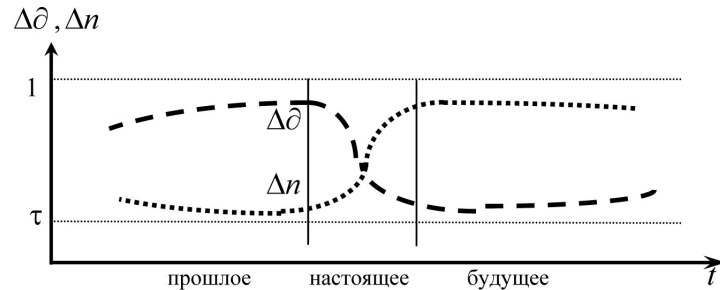


Рис. 3. Инверсия структуры времени в настоящем. На отрезке времени, которое принимается за настоящее, происходит переход событий *возможных*, но еще не совершившихся, в действительные. В этом промежутке события оформляются в однозначную последовательность. Неопределенность порядка Δn резко уменьшается. Соответственно возрастает неопределенность дления $\Delta \delta$. Горизонтальная ось t — направление хода времени. Вертикальная ось — величины неопределенности порядка и дления; τ — минимальный уровень неопределенности, константа; 1 — максимальный уровень неопределенности

возрастанию ошибки порядка в прошлом, хотя происходит он только сейчас. На схеме (рис. 3) это явление условно отражено сближением кривых Δn и $\Delta \delta$ по мере удаления от настоящего. Как будто в прошлом ВЕН, сначала очень короткие, постепенно удлиняются. Информация с удалением от настоящего в прошлое и будущее содержит все меньше достоверных деталей.

Таким образом, дуализм времени позволяет с новой точки зрения оценить уникальность настоящего и асимметрию будущего и прошлого.

5. Роль дления, роль порядка

Функции, которые выполняют время-дление и время-порядок в научных исследованиях, различны. В уравнениях движения классической физики оператором исследуемых процессов является время-дление, порядок событий роли не играет. Отсюда обратимость времени физических уравнений. В термодинамике действующим началом служит время-порядок, события не могут меняться местами, симметрия прошлого и будущего нарушается. Зато здесь совершенно не важно, сколько длится цикл Карно: мил-

лион лет или секунду. Таким образом, единый символ времени t в разном контексте наполняется различным содержанием. Физика по мере необходимости использует то одну модель времени, то другую, притом что каждая из них в силу своей односторонности дает искаженную картину двойственного по своей природе времени реального.

С представлением о времени, подобном «термодинамическому» времени-порядку, преимущественно оперирует теория эволюции Вселенной, эволюции геологического тела Земли, земной жизни, общества. Сравнительно недавнее введение в геологию «дления» с помощью методов радиоактивного распада элементов внесло не много нового в представление об эволюции планеты.

Представление о двойственной природе времени дает ключ к разрешению парадоксов, известных как апории Зенона Элейского. Так, парадокс летящей стрелы состоит в том, что при своем движении она проходит ряд точек пространства в определенные моменты времени. Но в каждой из точек она не двигается, а из неподвижных состояний нельзя сложить движение.

Ответ несложен. Представление о летящей стреле основано на модели времени, где дление и порядок нормально совмещены по принципу дополнительности. Но в ходе рассуждения автор «изгоняет» время-дление, как бы сдвигая индекс по гиперболе (рис. 2) до бесконечности вверх. И обнаруживает, что время у него исчезло, вследствие чего и движение прекратилось.

Такая же операция, незаметная подмена одной модели времени другой, упрощенной, приводит к парадоксу Ахиллеса и черепахи. Бегун сможет догнать черепаху, если его время будет содержать не только порядок событий, но и их длительность.

6. Дискретно или континуально?

Представление о двоичной природе времени позволяет сформировать новый взгляд на проблему дискретности-континуальности времени. Если принять, что время составляет из последовательности единиц неразличимости, то очевиден ответ: такое время дискретно. Границы между отрезками резки (мгновенны), а внутри отрезков измене-

ний не происходит. Такое положение сохраняется, пока мы в пределе не переходим к модели с нулевой длительностью ВЕН. Время, способное отмечать лишь порядок явлений, больше отвечает представлению о непрерывности событий. Но в ходе приближения единицы неразличимости к нулю свойство непрерывности проявляется со все большей очевидностью. Можно допустить, что время как объективная реальность содержит в себе оба качества, связанные отношением дополнительности. В зависимости от конкретного требования человеческого разума или конкретной ситуации физического мира время может становиться «более дискретным», *существенно* дискретным или «более непрерывным», *существенно* непрерывным.

7. Субстанция или реляция?

По сложившейся языковой традиции мы употребляем выражение «время течет». Возможно, это лишь метафора, ведущая начало от водных или песочных часов, но возможно и представление о некоей нематериальной *субстанции*, посредством движения которой реализуется ход времени. Альтернативная модель связывает ход времени исключительно с изменениями в физическом мире. Это время-реляция. Проблема уводит нас в область метафизики, к вопросу о первопричине движения материи: время – причина движения или время – лишь отражение этого движения? Оставляя вопрос без ответа, заметим, что представление о времени-длении в нашей дуалистической модели родственно мысли о «течении» времени, а время-порядок немедленно требует разъяснения: порядок каких событий находит свое выражение во времени? Если это – последовательность причинно-связанных явлений физического мира, то время – производное понятие от причинности, оно не может быть «двигателем» мирового движения. Если, наоборот, принять само время за причину, выстраивающую события в одномерную цепь, тогда следует предполагать существование автономной от физического мира субстанции, способной на него влиять. Дуализм времени дает основание предположить, что и в этом случае время несет в своем существе оба на первый взгляд взаимоотрицающих свойства: быть причиной движения и быть его отражением.

Проявление одного или другого зависит от того, с какой установкой, или с каким «прибором», мы подходим к его изучению. Подобно тому, как прибор разрешает в каждом конкретном случае проблему дуализма волны-частицы в квантовом мире.

8. Объективно или субъективно?

Двойственность времени имеет отношение к дискуссии на тему об объективном или субъективном характере времени. Появление каждого нового эволюционирующего объекта неживой, биологической, социальной или ментальной природы вводит в обиход новую шкалу времени со своей системой единиц. Создавая часы и размечая циферблат, человек творит двуликого Януса. Разбивка круга на равные отрезки отражает время-дление, а их оцифровка задает время-порядок. Мы используем преимущественно то одно из свойств, то другое.

Развивая мысль о сотворении вместе с материальными системами новых «времен», легко прийти к выводу о том, что и фундаментальное абсолютное время Ньютона тоже должно опираться на некоторый физический процесс, о котором мы можем лишь сказать, что он «идет», хотя природы его не знаем. И, соответственно, остановка этого мирового процесса должна означать исчезновение времени, по крайней мере в облике порядка. Единица неразличимости сжимается до нуля. На роль таких эпох «отсутствия времени» претендует состояние Вселенной до Большого взрыва и после ее гипотетического (возможного) коллапса, концентрации обратно в сингулярность. Из более знакомых нам событий можно указать на космические объекты, называемые черными дырами. По современным представлениям гравитационное поле в этих фантастических телах настолько «изгибает» пространство, что свет движется бесконечно долго от одной точки к другой, горизонт событий (радиус Шварцшильда) сокращается до размера точки, с ним вместе исчезает временная единица неразличимости. Само понятие времени теряет смысл (Энгельн, 2003).

Вывод: космическое время возникает и исчезает параллельно с природными процессами, идущими независимо от нас.

9. Эволюционное время

Эволюционное время не «течет» равномерно. Спокойное развитие закономерно прерывается кризисами (Арманд и соавт., 1999). В биологической эволюции «ароморфозы» (по А.И. Северцову) ассоциируются с кардинальными и быстрыми перестройками генофонда, с появлением новых таксонов высокого ранга и массовыми вымираниями живших ранее организмов. В единицу времени умещается много значимых событий, единица неразличимости растянута. Эти этапы разделяются «идиоадаптациями», в течение которых новые роды, семейства, отряды проходят процесс взаимного приспособления. Растет сгармонизированность вновь возникших форм друг с другом и с абиотической средой. На первый план все больше выходит время-порядок. Но для вновь возникших организмов и составленных из них биоценозов константа времени τ_c уже отличается от прежней: каждому уровню сложности $c=1,2,3,\dots$ систем соответствует своя константа. Возрастание порядка в биологических системах сопряжено с накоплением противоречий между растущей инерцией систем и продолжающимся развитием окружающей среды. Нарастает рассогласование, которое выливается в новый кризис. Трансформации времени в эволюционных циклах можно представить как периодический переход с одной гиперболы на другую (рис. 4).

Подобный прерывистый ход эволюции характерен и для неживой природы, земной и космической, а также для экономического, политического, технического развития общества.

10. «Машина времени»

Количественное соотношение ошибки порядка и ошибки дления в определенных условиях поддается изменению по нашему желанию.

Прибором, воспринимающим время внешнего мира, для нас служат биоритмы человеческого организма, в первую очередь ритмы мозга, фиксируемые энцефалограммами. Современная медицина располагает средством управления биоритмами по желанию человека с помощью обратной

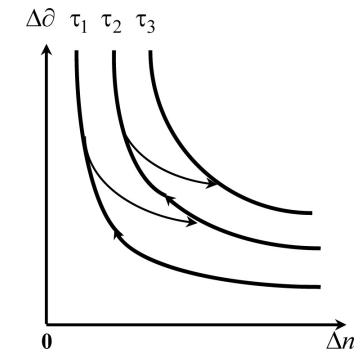


Рис. 4. Преобразования времени в ходе эволюции. В эволюционном процессе происходит возрастание согласованности между элементами систем, что соответствует уменьшению неопределенности порядка Δn и увеличению неопределенности дления $\Delta \delta$. Представляющая точка смещается по графику влево и вверх. В периоды кризисов согласованность элементов нарушается и возникает новая сложная система. Ей соответствует новая константа $\tau_2 = n_2 \cdot \Delta \delta_2$. Представляющая точка перемещается с кривой τ_1 на следующую кривую τ_2 вправо и вниз (тонкая стрелка). Далее цикл повторяется

связи, осуществляемой через дисплей компьютера. Подобных результатов без помощи техники добиваются люди, практикующие йогу. Ритмы нервной системы, подобно колебательному контуру радиоприемника, отзываются на внешние колебания соответствующей частоты и позволяют считывать информацию, которую они несут на себе. Настраивая свой мозговой приемник на все более длинные единицы неразличимости, человек расширяет свое настоящее до часа, суток, года, тысячелетия и с помощью резонансного фильтра «вынимает» из окружающего пространства несущие информацию частоты, отвечающие этим интервалам времени.

Когда писатель, артист или художник сосредоточивается на каком-то событии прошлого, он его включает в свое настоящее, и это позволяет ему создать эффект присутствия. Историки без конца переписывают историю с позиций настоящего. Когда астроном направляет телескоп на далекую звезду, он делает своим настоящим давно прошедшие состояния светил. Смело поставленный Н.А. Козыревым (1991) эксперимент с получением сигнала от звезды

из упрежденной точки небосвода показал, что расширение настоящего происходит симметрично как в прошлое, так и в будущее. Таким образом, дуалистическая модель времени позволяет рассматривать как реальность, подлежащую исследованию научными методами, факты поразительных предвидений будущего пророками и ясновидящими, такими как Нострадамус, болгарская предсказательница Ванга и др. Становится объектом изучения перспектива создания техническими или биотехническими методами «машины времени».

11. Мир Минковского

Представление о двойственной природе времени может внести коррективы в модель мира, предложенную в начале XX века Г. Минковским (Сазанов, 1997). Основываясь на концепции пространственно-временного континуума теории относительности, Минковский поделил четырехмерный псевдоевклидовый Универсум, пронизанный мировыми линиями материальных предметов, на два подпространства. Согласно модели, наблюдатель обитает в центральной точке O (рис. 5) внутреннего подпространства, геометрически представляющего собой два конуса, соединенные в точке вершинами. В пределах этих конусов наблюдатель имеет возможность осуществлять связь с любой другой точкой при посредстве электромагнитного излучения. Напротив, внешнее подпространство, благодаря ограничению скорости света, остается зоной, недоступной для связи ни в настоящем, ни в прошлом, ни в будущем.

Модель Минковского основана на представлении о настоящем как о безразмерной точке. Но если, следуя концепции двоичного времени, перейти к образу настоящего, обладающего определенной длительностью, то запрет на связь с точками внешнего подпространства перестает быть абсолютным. «Растягивая» интервал настоящего времени, обитатель точки O получает доступ ко все более обширной части «зоны недоступности» (см. рис. 5). Если к тому же принять во внимание, что не существует принципиальных ограничений на расширение настоящего, то возникает вопрос: остается ли в мире, организованном по Минковскому, что-либо недостижимое для пытливого человеческого ума.

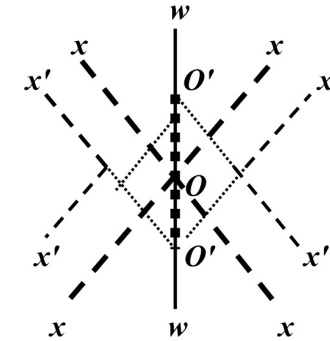


Рис. 5. Преобразование модели мира Минковского при переходе от малой временной единицы неразличимости к большей. w – мировая линия наблюдателя; xx – границы между доступным (вокруг мировой линии) и недоступным подпространствами при нулевой единице неразличимости; O – начало координат, позиция наблюдателя; $O'O'$ – растянутое настоящее; $x'x'$ – расширенные границы подпространства доступности после увеличения длительности настоящего

12. Частный случай

Двойственная природа времени представляет собой лишь одно из проявлений всеобщего дуализма макро- и микромира, обнаруженного еще в древности. Так, обычное трехмерное пространство содержит в своей природе две дополнительные друг к другу характеристики: пространственный порядок и расстояние. Материя проявляет себя в форме вещества и энергии, в форме частицы и волны. Энергия и информация существуют в интервале от максимального порядка до абсолютного хаоса, человеческая культура – от чисто материальной до максимально духовной и т. д. Очевидно, мы имеем дело с различными «лицами» некоторого общего закона, провозглашающего принципиальную несимметрию Мира, составленного из дополнительных свойств: консерватизма, соотносимого с Инь Древнего Востока, и революционности, соотносимой с Ян. Два свойства времени отражают этот дуализм основополагающих мировых начал. Дление, мера *сохранения* свойства или состояния, отвечает женскому консервативному началу Инь. Порядок, показатель смены различных качеств, – мужскому революционному Ян.

13. Заключение

Можно сформулировать следующие выводы:

1. Время в своей природе содержит два начала: инертное, консервативное, и активное, революционное. Проявлением первого служит свойство «дления». Активное начало проявляет себя в свойстве «порядка». Вероятные ошибки в определении первого и второго свойств времени находятся в отношениях дополненности, их произведение для данной системы постоянно.

2. При беспредельном увеличении единиц измерения длительности (ВЕН), характеризующих свойство дления, дополнительное свойство, порядок, исчезает, становится неразличимым. При сокращении единицы длительности интервалов времени до нуля знание порядка становится абсолютным, но до бесконечности вырастает ошибка в определении длительности. Другими словами, в обоих крайних случаях время исчезает.

3. Размер единицы времени определяется длительностью интервала, с которым соотносится понятие «сейчас», или «теперь». Интервал «теперь» задается потребностью человека адаптироваться к средам с разными характерными временами (темпомирам). В природе интервал определяется периодом колебательных процессов.

4. На протяжении отрезка времени, сопоставляемого с «настоящим», происходит инверсия структуры времени. Она заключается в том, что ошибка в определении порядка, занимающая первое место в будущем, становится минимальной при переходе к прошлому. Вероятная ошибка определения длительности событий, наоборот, становится больше ошибки порядка, когда события становятся прошлыми.

5. Уравнения движения классической физики используют модель времени с «исключенным» порядком. Термодинамика опирается на модель времени, в которой отсутствует дление. Обе модели страдают неполнотой.

6. Реальное время совмещает в себе свойства дискретности и континуальности, которые меняются в обратной пропорции в зависимости от выбора единицы неразличимости.

7. Можно предполагать, что оба внешне несовместимых свойства: «быть внутренней причиной движения» и «отра-

жать движение внешнего мира» присущи времени. Проявление того или другого зависит от установки исследователя.

8. Множество структур реального мира создает такое же множество «времен» по мере развития окружающего мира или вследствие деятельности человека. С исчезновением материального носителя времени исчезает специфическое для него время.

9. Эволюционное время не сохраняет своей структуры. В эпохи кризисов (ароморфозов в биологической эволюции) происходит сдвиг равновесия между временем-порядком и временем-длением в сторону повышения роли последнего. В промежутках спокойного бескризисного развития преимущество получает время-порядок.

В ходе эволюции периодически происходит переход от одной константы (произведения вероятных ошибок) к другой, к третьей и т. д., чем определяется необратимость эволюционного времени.

10. Остающаяся пока в сфере фантазии «машина времени» может обрести черты реальности, если использовать свойство времени растягивать и сокращать интервал настоящего.

11. Представление о двоичной природе времени позволяет предложить трансформированную модель мира Минковского. Посредством увеличения длительности настоящего становится возможным расширение подпространства, доступного для связи с наблюдателем, и сужение подпространства недоступности.

12. Правдоподобен вывод, что дополненность двух фундаментальных свойств времени представляет собой частный случай общего свойства дополненности, как макро- так и микромира.

ЛИТЕРАТУРА

- Арманд А.Д. и соавт. *Анатомия кризисов*. М.: Наука, 1999. 239 с.
- Бергсон А. *Длительность и одновременность*. СПб., 1923.
- Гейзенберг В. *Физические принципы квантовой теории*. Л.-М.: ГТТИ, 1932. 146 с.
- Князева Е.Н., Курдюмов С.П. *У истоков синергетического видения мира: режимы с обострением // Самоорганизация и наука: опыт философского осмысления*. М.: АРГО, 1994. С. 162–186.

Козырев Н.А. Избранные труды. Л.: Изд. ЛГУ, 1991. 447 с.

Левич А.П. Мотивы и задачи изучения времени // Конструкции времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. М.: Изд-во Московского университета, 1996. С. 9–28.

Сазанов А.А. Модель мира Минковского // Дельфис. 1997. № 1. С. 67–75.

Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физика? М.: Изд-во иностр. лит., 1947. 146 с.

Эгельн Х. Незримые чудовища, притаившиеся в глубинах Вселенной // ГЕО. № 2. 2003. С. 118–130.

Сведения об авторах

Д.ф.-м.н. Аристов В.В. – Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН; кафедра развития реляционных методов изучения времени Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; aristov@ccas.ru

Д.геогр.н. Арманд А.Д. – Институт географии РАН

К.ф.-м.н. Дмитриевский И.М. – Московский инженерно-физический институт, кафедра физики реликтового излучения Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; dmiigor@yandex.ru

Заславский А.М. – Корпорация «Облик»; кафедра темпоральных моделей реальности Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; am-47@mail.ru

Д.филос.н. Казарян В.П. – Философский факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова; кафедра «Время и культура» Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; vp.kazaryan@mtu-net.ru

К.ф.-м.н. Кассандров В.В. – Институт гравитации и космологии; Российский университет дружбы народов; кафедра алгебраической структуры пространства-времени, алгебродинамики полей и частиц Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; vkassan@rambler.ru

Клеопов Д.А. – Философский факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, dkleopov@mail.ru

К.ф.-м.н. Козанов А.В. – Научно-исследовательский институт системных исследований РАН; кафедра темпоральной топологии Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; koganow@niisi.msk.ru

Д.ф.-м.н. Коротаев С.М. – Центр геоэлектромагнитных исследований Института физики Земли РАН; кафедра причинной механики Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; serdyuk@izmiran.ru

Д.б.н. Левич А.П. – Кафедра общей экологии биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова; кафедра моделирования природных референтов времени Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; apl@chronos.msu.ru

К.б.н. Оловников А.М. – Институт биохимической физики РАН, olovnikov@dol.ru

Шульман М.Х. – Оргтехдиагностика; кафедра моделирования времени как феномена расширения Вселенной Web-Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>; shulman@dol.ru