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 Потоком 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 наиболее 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, Владимировым (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 пространственных (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 (потоку «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 гиперкомплексного 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 $F: A \to A$ аргумента $Z \in A$ (см., например, Вишневский и соавт., 1985):

$$dF = F' * dZ, \tag{1}$$

где $F': A \to A$ – 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

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

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

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} = f', \; \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\partial u}{\partial y} = g', \tag{2}$$

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

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \; \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0. \tag{3}$$

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 некоммутативного 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:

$$dF = L * dZ * R. \tag{4}$$

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)

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

(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 $F: E^4 \to E^4$ (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 растяжение). 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: $Z\to X=X^+$, а именно, выберем следующее явное представление координат:

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

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

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

и, как легко убедиться, инвариантно относительно *преобразований Лоренца*

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

где C – любая постоянная матрица с $\det C\neq0$, 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)

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

или в декартовых координатах

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

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, $SL(2,C)$-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

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

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

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

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

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

где $a=1,2,3$, величины x_a^0 простым образом выражаются через три компоненты твистора, а единичный *вектор направления* $\boldsymbol{\eta}$ 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 $\boldsymbol{\eta}$, «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 релятивистски-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

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

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

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

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:

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

где $z=(u-v)/2$, $\tilde{z}=z+ia$, $a=Const\in R$. 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

$$G=\frac{w^*}{\hat{z}\pm\hat{r}}\equiv\frac{x+iy}{z+ia\pm\sqrt{x^2+y^2+(z+ia)^2}}\equiv(tg^{\pm1}\theta)\,e^{i\phi}, \tag{15}$$

геометрически отвечающие *стереографической проекции* $S^2\to C$ сферы на комплексную плоскость, из южного и северного 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 $\check{r}=0$. 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 гиромагнитным отношением, соответствующим частице спина $s=h/2$. Многие авторы (Carter, Lopes, Burinkii, 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* электрического заряда отсутствуют). При этом изолированные «частицеподобные» 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 гиромагнитное 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 $\boldsymbol{\eta}$ 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 $\boldsymbol{\eta}$, рассмотренным выше. С другой стороны, ассоциированные с конгруэнцией лучей электромагнитное и другие поля вовсе не всегда локально «переносятся» вместе с первичным полем G, поскольку 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 *потоком 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 $\boldsymbol{\eta}$, 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 фундаментальной 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

$$c_2 \equiv c \cong 300000\ км/с.$$

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 пространстве, 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 Потоком 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-каустик, 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 «истоков» 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-каустик, «обтекаемых» Потоком 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-каустик, двигающихся в окрестности каждой точки в различных, хаотически распределенных направлениях, но *вместе с первичным Потоком, 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, 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 («тахионное» 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 $Z=\breve{Z}(\sigma)$, 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» $\breve{Z}(\sigma)$ лежат на «комплексном световом конусе» друг от друга,

$$det\|Z-\breve{Z}(\sigma)\|=0 \qquad (17)$$

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

$$(Z-\breve{Z}(\sigma))\zeta=0 \qquad (18)$$

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 $\tau=Z\xi=\breve{Z}(\sigma)\xi$ *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:

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

где выбрана параметризация $\breve{t}(\sigma)=s\in R$, а заряд движется по действительной мировой линии $\{\breve{x}(s),\breve{y}(s),\breve{z}(s)\}$. 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 $s\le t$ (другой корень, для которого $s\ge t$, 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 $Z=\breve{Z}(\breve{\sigma})$, где, вообще говоря, $\breve{\sigma}\neq\sigma$. Тогда в комплексном случае для каждого σ уравнение (22) имеет, кроме тривиального $\breve{\sigma}=\sigma$, 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 $\breve{Z}(\sigma)$ 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 $\breve{\sigma}$, 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. Попятное 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 $\breve{z}_0(\sigma)\equiv\breve{t}(\sigma)=\sigma$. 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 $\Delta\breve{\sigma}$ хотя и будет отличаться друг от друга и от исходного $\Delta\sigma$, тем не менее тоже будет равно изменению значений $\Delta\breve{z}_0$ соответствующей каждому из зарядов координаты $\breve{z}_0\equiv\breve{t}$. 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*,

$$\Delta z_0^2+\Delta z_1^2+\Delta z_2^2+\Delta z_3^2=0, \tag{25}$$

что означает, что все заряды движутся в CM 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

$$\Delta x_0^2+\Delta x_1^2+\Delta x_2^2+\Delta x_3^2=\Delta y_0^2+\Delta y_1^2+\Delta y_2^2+\Delta y_3^2\equiv\Delta t^2, \tag{26}$$

$$\Delta x_0\Delta y_0+\Delta x_1\Delta y_1+\Delta x_2\Delta y_2+\Delta x_3\Delta y_3=0 \tag{27}$$

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*

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

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, определяющий 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.: П-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 «algebrodynamical» 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. Onoochin, 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 gewohnlinchen 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, обусловливающей 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.