

ISSN 1680-6921

Том 17

№

1-2

2017

**Ф**  
**Физика**  
**СОЗНАНИЯ**  
**И ЖИЗНИ,**  
**КОСМОЛОГИЯ**  
**и астрофизика**

---

**Главный редактор:** А.В. Букалов, доктор философии, директор Международного института соционики (Киев)

**Редакционная коллегия:** Г.Д. Бердышев, доктор биологических наук, доктор медицинских наук, профессор КНУ (Киев);

В. Валензи (Dr. V. Valenzi), Universiteta di Roma "La Sapienza" (Рим);

О.А. Горошко, доктор физико-математических наук, профессор КНУ (Киев);

В.В. Грицак (Prof. V. V. Gritsak-Groener) доктор физико-математических наук, профессор (Лондон);

Я.А. Дубров, к.ф.-м.н., Институт прикладных проблем механики и математики НАНУ (Львов);

Л.И. Конопальцева, доктор философии, президент Оптического общества Украины;

К.Г. Коротков, доктор технических наук, профессор ИТМО (Санкт-Петербург);

М.В. Курик, доктор физико-математических наук, профессор, Институт физики АН Украины (Киев);

В.П. Олейник, доктор физико-математических наук, профессор, Институт высоких технологий КНУ (Киев);

А.Ф. Пугач, кандидат физико-математических наук, ГАО НАНУ;

С.В. Сорвин, доктор философии в области биологии, профессор МАИСУ (Санкт-Петербург);

А.В. Трофимов, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор Международного научно-исследовательского института космической антропоэкологии (Новосибирск);

Н.А. Чернышев, доктор физических наук, доктор философии в области естествознания, профессор МАИСУ (Санкт-Петербург);

И.Э. Цехмистро, доктор философских наук, профессор ХНУ (Харьков).

**Компьютерная верстка:** А.А. Букалов, О.Б. Карпенко

Международный научный журнал. Основан в 1995 г. Выходит 4 раза в год.

**Подписные индексы по каталогам:**  
15087 – «Пресса России»,  
21819 – «Каталог видань України»

**Контакты редакции в России:**

☎: (+7-495) 382-21-91

☎: (+7-926) 699-09-12

e-mail: [invite@mail.ru](mailto:invite@mail.ru)

**Контакты редакции в Украине:**

✉: а/я 23, г.Киев-206, 02206, Украина

☎: (+38-044) 558-09-35

e-mail: [olly.olga@gmail.com](mailto:olly.olga@gmail.com)

Интернет: <http://physics.socionic.info>

Переписка с авторами: [physics@socionic.info](mailto:physics@socionic.info)

Зарегистрирован министерством Украины по делам прессы и информации 03.05.95.  
Регистрационный номер 1417, серия КВ

## Физика, сознание, жизнь и Вселенная

*Существующая физическая картина мира принципиально неполна. До сих пор не удалось удовлетворительным образом вписать в рамки физических представлений феномены психики и сознания, а также связанные с ними аспекты жизни. Но именно психика управляет живым физическим телом. И этот процесс не получил пока адекватного физического описания. Как показало развитие квантовой механики, сознание наблюдателя неустранимо из процесса наблюдения. Иными словами, исследуемый мир связан с конкретными наблюдателями. Отсюда, как следствие, возникает антропный принцип, связывающий наличие жизни и наблюдателей с физическими параметрами Вселенной. Рассмотрение феномена земной жизни и существования внеземных форм жизни, границы между живым и неживым тесно связано с космологическими параметрами Космоса и астрофизическими процессами.*

*Журнал "Физика сознания и жизни, космология и астрофизика" посвящен выработке новых физических представлений о природе сознания, психики, жизненных процессов не только в земном, но и в космическом масштабе. Под этим углом зрения рассматриваются и низкоэнергетические взаимодействия в живом веществе, и влияние космических излучений и полей на биосферу. Тематика нашего журнала направлена в первую очередь на интеграцию специалистов из разных областей знания с целью выработки новых научных принципов описания живой материи и сознания.*

*Журнал открыт для непредвзятого изложения и обсуждения новых экспериментальных исследований и теоретических концепций. Только такой интегративный подход даст возможность описать явления, которые уже обнаружены в целом ряде разрозненных исследований, но не укладываются в рамки существующей концепции фундаментальных взаимодействий. Интеграция таких исследований может и должна привести к выработке новых научных представлений о природе Мира, а также о той роли, которую выполняет жизнь и психика в этом Мире.*

*А. В. Букалов, доктор философии, директор  
Международного института соционики,  
главный редактор*

**ФИЗИКА СОЗНАНИЯ И ЖИЗНИ, КОСМОЛОГИЯ И  
АСТРОФИЗИКА**

**Т. 17, № 1-2 (65-66)**

**январь–июнь**

**2017 г.**

---

**СОДЕРЖАНИЕ**

**БИОФИЗИКА**

**Трофимов А.В.**

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ГЕОКОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ..... 5

**ТЕОРИЯ ПОЛЯ И ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

**Олейник В.П.**

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФЕЙНМАНА: ФИЗИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ.  
УСКОРЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ПО ИНЕРЦИИ И СИЛЫ ИНЕРЦИИ .....22

**КОСМОЛОГИЯ И АСТРОФИЗИКА**

**Букалов А.В.**

О СТРУКТУРЕ ВАКУУМА И ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ  
НА ПЛАНКОВСКИХ МАСШТАБАХ.....56

**Букалов А.В.**

ЭНТРОПИЯ И ИНФОРМАЦИЯ  
МАТЕРИИ И ИЗЛУЧЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ.....60

**Букалов А.В.**

О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ  
ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК .....63

**ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

**Шеховцов С.В., Новиченко В.Г.**

ВОДА И ВРЕМЯ.....65

**CONTENTS**

**BIOPHYSICS**

**Trofimov A.V.**

NEW HORIZONS OF GEOCOSMIC MEDICINE..... 5

**FIELD THEORY AND ELECTRODYNAMICS**

**Oleinik V.P.**

SOLUTION TO THE FEYNMAN PROBLEM: PHYSICAL CONSEQUENCES.  
ACCELERATED MOTIONS BY INERTIA AND INERTIAL FORCES..... 22

**COSMOLOGY AND ASTROPHYSICS**

**Bukalov A.V.**

ON THE STRUCTURE OF VACUUM AND SPACE-TIME  
ON PLANCK SCALES ..... 56

**Bukalov A.V.**

ENTROPY AND INFORMATION OF MATTER  
AND RADIATION IN THE UNIVERSE ..... 60

**Bukalov A.V.**

ON SOME PROPERTIES OF ELEMENTARY GEOMETRIC CELLS ..... 63

**PHILOSOPHY AND SCIENCE**

**Shekhovtsov S.V., Novichenko V.G.**

WATER AND TIME..... 65

Трофимов А.В.

## НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ГЕОКОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ

*Международный научно-исследовательский институт космической антропоэкологии  
Россия, Новосибирск; e-mail: isrica2@ Rambler.ru*

Работа посвящена актуальным проблемам гелиобиологии и космической антропоэкологии. На примерах многолетних исследований магнитотропных реакций животных, здоровых и больных людей в различных географических пунктах на Крайнем Севере, Камчатке, Курско-Белгородской магнитной аномалии и в Западной Сибири – живое вещество Земли рассматривается в неразрывном единстве с гелиогеофизической средой. При этом повышенное артериальное давление и гипертензионные варианты ответа функциональных систем организма человека на тестирующий магнитный сигнал, выступают как индикатор биогеофизического неблагополучия. Подробно описывается открытый новосибирскими учеными феномен гелиогеофизического импринтирования – запечатлевания на ранних этапах онтогенеза экстремальных воздействий различных космических факторов. Приводятся результаты компьютерной оценки отдаленных последствий для здоровья человека внутриутробного гелио-геоэкологического дисбаланса.

*Ключевые слова:* гелиобиология, магнитотропные реакции, гелиогеофизическое импринтирование.

(Продолжение. Начало в № 3-4/16)

### Глава 2. Как оценить биогеофизическое сопряжение организма и среды: новые методические подходы

#### 2.1. Объекты нашего наблюдения

##### 2.1.1. Экспериментальная модель

В качестве экспериментальной модели по изучению физиологических последствий воздействий гелиогеофизических и преформированных природных факторов (магнитное поле) на различных этапах онтогенеза организма избраны мягкотелые, образующие четко ограниченный тип животных, ведущий начало от кольчатых червей. Их систематическое положение можно определить следующим образом: тип моллюски (Mollusca), подтип боконервные (Amphineura), класс брюхоногие (Gastropoda), подкласс легочные (Pulmonata), вид Большой Прудовик (*Limnaea stagnalis*), широко распространенный в пресноводных водоемах Сибири.

Характерной чертой брюхоногих моллюсков является асимметричность строения, выражающаяся в редукции правых органов мантийного комплекса и усилении развития их партнеров на левой стороне, а также спиральная закрутка внутренностного мешка – особенность, внешне выраженная в форме раковины [Патрушева О.И., 1970].

Имеются особенности и яйцевой кладки брюхоногих моллюсков, которые откладывают икру в длинных студенистых шнурах, приклеиваемых к различным предметам. Яйцевая кладка снабжена большим количеством питательных материалов и защитными оболочками для зародышей, которые все свое развитие проходят в этих оболочках без стадии свободно плавающей личинки.

Яйцо брюхоногого моллюска представляет собой сложное образование: яйцевая клетка погружена в массу белка, находящегося внутри двойной оболочки, а все яйца включены в слизистую массу, одетую особой капсулой или коконом. От внутренней стенки кокона отходит тяж, прикрепленный другим концом к наружной оболочке яйца, которое оказывается подвешенным к стенке кокона. Число яиц в каждой кладке варьирует в широких пределах, так же как и размер яйцевого шнура, иногда можно насчитать до 260 яиц в одной кладке [Жизнь животных, т. 2, 1968].

Выбор экспериментальной модели был определен важным свойством моллюсков: их ориентацией по ГМП [Barnwell F., 1960.] и, в частности, по его Н-составляющей [Нахильническая З.Н., 1978; Brown F., Brett E, Bennet M., Barnwell F., 1960]. Многие авторы отмечают зависимость направления движения моллюсков от солнечных и лунных суток [Brown E, 1963; Brown E, Shzinez J., Ralph C., 1956]. Характерно, что вектор перемещения меняется при воздей-

ствии искусственным МП [Brown F., 1963]. В условиях ПМП (~20 мТл) отмечается также изменение входного сопротивления и частоты фоновых потенциалов гигантских нейронов моллюсков. Параметры двигательной активности естественно сопряжены с другими функциональными показателями. В частности, отмечены опережающие отрицательные корреляции между уровнем поглощения кислорода моллюсками и изменениями ГМП [Barnwell F., 1960].

В качестве факторов, преформирующих воздействие или восприятие природной гелиогеофизической среды на различных этапах онтогенеза животных, были использованы следующие:

1. ПМП с индукцией от 0. 2 до 20 мТл на магнитоносителях в виде тонких плоских площадок различных размеров, которые укреплялись на раковине или служили поверхностью для перемещения моллюсков или нахождения яйцевой кладки. Анатомическое строение брюхоногих моллюсков позволяло наилучшим образом обеспечить непосредственный и плотный контакт брюшного выроста, имеющего плоскую ползательную подошву, а также яйцевой кладки с магнитоносителями, источниками преформирующих магнитных сигналов.

Оригинальные эластичные магнитоносители (автор – лауреат Государственной премии СССР А.С. Фефер), изготовленные из механической смеси полимерных вязущих веществ и порошкообразных ферромагнитных наполнителей и подвергнутые особому режиму намагничивания, несут на своей поверхности многополюсную магнитограмму с большой магнитоемкостью, определяемой числом пар магнитных полюсов на единице рабочей поверхности. Количество передаваемой информации определяется коэффициентом матричной информации [Фефер А.С., 1974, 1978], вычисляемым по формуле:

$$M_i = I \times T = C \times F \times T \text{ бит. мТл см}^2 \cdot \text{м},$$

где  $C$  – информационная емкость магнитоносителя;  $F$  – энергетическая характеристика сигнала (пондеромоторная сила);  $T$  – время магнитной экспозиции.

Магнитоносители различных размеров и индукции были изготовлены по техническому заданию лаборатории гелиоклиматопатологии НИИ ОПЭЧ СО РАМН на Рыбинском электротехническом заводе. Метрологический контроль за их состоянием осуществлялся Сибирским НИИ метрологии и Ленинградской межобластной лабораторией по надзору за стандартами и измерительной техникой. Текущие, контрольные измерения производились на миллитеслометре ИЗ. 43. 2214.

В центральной зоне стандартной пластины-носителя величина магнитной индукции составляет 25 мТл, на высоте 1 мм от поверхности – 15 мТл, 2 мм – 5 мТл, 3 мм – 2 мТл, 4 мм – 0. 7 мТл и 5 мм – 0. 1 мТл. На различных участках рабочей поверхности магнитоносителя зарегистрированы неодинаковые величины индукции.

По горизонтали: 30-28-25-14-16-25-30-28-20-28-19 мТл,

По вертикали: 25-22-23-15-17-25-20-21-17-22-17 мТл,

По диагонали: 18-25-18-16-26-12-20-25-24-30-25-14-16-26-14 мТл.

Таким образом, величина преформированного сигнала ПМП на рабочей поверхности магнитоносителя неравномерно колеблется, образуя сложную сетчатую структуру поля с принципиально новой энерго-информационной значимостью для биообъекта.

2. Гипогеомагнитная среда, формируемая в экранирующей установке (автор – к. ф. н. Ю.А. Зайцев) в виде толстостенного цилиндра из пермаллоя размером 380×115 см, расположенного горизонтально, поперек силовых линий ГМП, и обеспечивающего ослабление индукции последнего в 500-600 раз.

Метрологический контроль уровня ослабления ГМП осуществлялся также Сибирским НИИ метрологии с использованием высокочувствительных магнитометров, а также с применением квантового магнитометра М-33.

3. Деструкция верхней части спирально закрученной раковины моллюсков, которая, по нашему мнению, может участвовать в избирательном восприятии организмом космических полевых потоков наряду со спирально закрученным внутренностным мешком (деструкция его не затрагивала).

Экспериментальные исследования на моллюсках имели целью оценить, с использованием их как высокочувствительного индикатора, степень биогеофизического сопряжения организма и среды в зависимости от уровня солнечной и геомагнитной активности и выраженности преформирующих природную среду факторов на различных этапах онтогенеза.

Эксперименты проводились в течение 8 часов каждого из 80 дней исследования: в летне-осенний период 1979 и 1980 гг., на фазе максимального уровня солнечной активности (60 дней наблюдения) и осенью 1986 г. при минимальной активности Солнца (20 дней наблюдения).

Использовались моллюски разной величины и, соответственно, возраста, яйцевая кладка которых развивалась на различном гелиогеофизическом фоне: либо в условиях природного водоема (все особи были из одного и того же биогеоценоза), либо в лабораторных условиях при плотном контакте оплодотворенных яйцеклеток с источником ПМП и непрерывной трансляции преформированных магнитных сигналов в течение 10-14 дней.

Местоположение объектов, их пространственно-временная ориентация в 16-ти экспериментальных камерах-садках размером 500x400x50 мм, расположенных по длинной оси в направлении геомагнитных полюсов, фиксировалось фотоспособом и по специальной координатной сетке с обозначением нескольких северных, южных, восточных и западных зон, каждые 15 минут в течение 8 часов всех дней наблюдения.

Кроме того, проводилась непрерывная визуальная оценка дыхательной активности моллюсков по методике [Патрушева О. И., 1970], когда регистрировалась частота открытия дыхательного отверстия (пневмостомы), по электронному табло-секундомеру замерялось время забора атмосферного воздуха каждым из 16 животных, находящихся в водной среде заданной температуры (+16 °С) и химического состава, в одинаковых условиях кормления (вне экспериментального периода).

Исследования проводились несколькими сериями одновременно в контрольной и опытной группах (по 5-8 животных в каждой). В эксперименте находились моллюски двух возрастов, соответствующих размерам: от 5 до 20 мм и от 30 до 40 мм по длине раковины. Воздействие МП на животных в опытных группах оказывалось в двух вариантах: в виде точечных аппликаций (5x5 мм) эластичных магнитоносителей с индукцией ~20 мТл на раковину моллюсков в местах проекции одного из нервных ганглиев (1) и в виде сплошной магнитной поверхности, по которой происходит естественное перемещение животных, поверхности, образованной теми же эластичными магнитоносителями, выстилающими дно экспериментальных камер (2). В контрольных исследованиях использовался аналогичный по химическому составу материал без магнитных свойств.

Пролонгированное (в течение 10-14 дней) магнитное воздействие на яйцевую кладку моллюсков оказывалось посредством фиксации студенистых шнуров с яйцеклетками на магнитных площадках в зоне магнитной индукции 0.2, 2.0 и 20.0 мТл.

Моллюски, испытывавшие в своем развитии на ранних стадиях сочетанные воздействия МП и ГМП, так же как и контрольные животные, содержались отдельно, до достижения размеров 5-7 мм. Эти животные использовались только для экспериментов по пространственно-временной ориентации, в группах по 8 особей.

Все наблюдения проводились в условиях искусственного освещения рабочего помещения (лампы дневного света), источники которого располагались над экспериментальными камерами на высоте 3 м. Химический состав воздуха и воды периодически контролировался, оставаясь практически неизменным на протяжении каждой экспериментальной серии.

Электропроводность тканей моллюсков оценивалась на приборе ПЭП-1, предназначенном для нахождения активных точек контактным способом при помощи щупа-индикатора (величина тока срабатывания световой и звуковой сигнализации равна  $15 \pm 2$  мкА) и воздействия на них электрическим током чередующейся полярности. Подсчитывалась абсолютная разность значений отрицательного и положительного токов при смене фаз через 5 сек. Перед началом измерений на замкнутых электродах прибора устанавливался ток  $\pm 50$  мкА.

### **2.1.2. Здоровые люди**

При оценке эффектов воздействия на человека МП, как природных, так и искусственных, как постоянных, так и переменных, различных частот и величин индукции обычно используется динамика тех или иных функциональных показателей: ЧСС, АД, температуры и других [Frey A., 1963; Hambracus G., Lundquist., Walter W., et al., 1973].

Индивидуальная чувствительность людей к МП оказывается различной: в среднем, у 76% обследованных отмечаются гипотензивные реакции [Ульянычев и соавт., 1977]. Широко используются также методы ЭКГ и реографии: регистрируются индивидуально выраженные изменения амплитуды зубцов, длительности интервалов ЭКГ, а по данным РЭГ – снижение тонуса сосудов головного мозга [Савина Л. В., Попов А. В., 1981]. Некоторыми исследователями оценивается время реакции человека, выполняющего функции оператора [Ананьев Л. М., Рябчук Ю. А., 1973; Уразаев А. М., 1978; Friedman H., 1967; Gittelsohn B., 1984]. Показана значимая разница между временем реакции человека на МП с частотой 0.1 и 0.2 Гц [Gittelsohn B., 1984].

При изучении магнитотропных реакций широко применяются электро-физиологические методы. Выявлены различные типы изменений электрокожного сопротивления в активных точках кожи, соответствующих точкам рефлексотерапии (ТР), при 10-минутном контакте пальцев

испытуемых с магнитными аппликаторами. У лиц с понижением электрокожного сопротивления отмечен гипертензивный эффект, а у людей с повышением сопротивления в ТР – снижение АД при действии МП [Савина Л.В., Бельтюков В.Г., 1981]. Описан способ оценки уровня физиологических процессов, основанный на исследовании изменений сопротивления на поверхности тела человека и утилизации кислорода кожей в ответ на воздействие ПМП [Рабинович Э.З. и соавт., 1981]. Показана зависимость между состоянием обмена в эпидермисе и его электрическими свойствами [Krumpin J., 1965], изучены индивидуальные реакции кожи на ПемП [Тодоров Н., 1980]. Разработаны также способы и средства оценки магнитовосприимчивости организма человека в целом и отдельных его органов или участков с использованием направленных воздействий МП [Родлер Г., 1982; Wikswo J., 1981] и метода сквид-магнитометрии [Введенский В.Л., Ожогин В.И., 1984; Baker R. et al., 1983; Bastuscheck C., Wieceiamson V., 1981; Katila T. et al., 1981; Semm P. et al., 1984; Tripp J., Farrel D., 1981].

Таким образом, прослеживается отчетливое деление подходов при оценке ответных реакций организма человека на воздействие естественных и преформированных МП. Лишь в некоторых работах использовано сочетание двух подходов. Например, показана однонаправленность изменений СОЭ в МП у различных людей, которая определяется состоянием ГМП в каждый данный момент [Колодченко В.П., 1969]. Отмечено, что некоторые люди могут воспринимать колебания напряженности ПемП от 200 до 2000 гамм в полосе частот 0.01-2.0 Гц, т. е. на уровне нормального ГМП, при проведении исследований за пределами городской черты, в условиях колебаний ГМП на два порядка меньше, чем в городе [Войчишин К.С., соавт., 1996].

Между тем, комплексное рассмотрение ответных реакций организма человека на сочетанное воздействие природных и преформированных факторов электромагнитного происхождения представляется в современных условиях наиболее целесообразным.

Совершая стремительное движение по технократическому пути, человечество все больше вмещивается в космопланетарные процессы, все более нарастает фон ЭМП антропогенного происхождения. При возрастающем использовании во всех отраслях народного хозяйства средств радиоэлектроники значительно повышается интенсивность электромагнитного облучения больших контингентов населения, увеличивается количество людей, работающих с ЭМП промышленных частот высокой напряженности и испытывавших его неблагоприятное влияние [Асанова Т.П., Раков А.Н., 1964; Сазонова Т.Е., 1965], растет удельный вес ПемП, обусловленных процессами движения в ГМП [Кунгуров В.П., Пшоник А.Т., 1971; Труханов К.А., Шевин А.Д., 1984].

Антропогенные преобразования, влияя на естественно-природные процессы в биосфере, приводят к изменению степени воздействия прежних экологических факторов и появлению новых, важных для жизнедеятельности человека. При сочетании социально-экономических факторов и факторов специализированной производственно-технической деятельности воздействия видоизмененной среды могут привести к развитию антропоэкологического напряжения, характеризующегося конкретной совокупностью социальных и средовых условий в данном географическом регионе [Казначеев В.П., 1983].

Для прогнозирования антропоэкологического напряжения в популяции, прогнозирования тех донозологических, патофизиологических состояний, которые возникают в процессе адаптационных реакций, в частности, реакции на изменения электромагнитной обстановки, важен правильный выбор методов скринингового обследования, важен поиск таких способов оценки реактивности человека, которые сочетали бы в себе рассмотрение ответных реакций на преформированный природный стимул (МП) и на конкретную гелиогеофизическую ситуацию.

Для определения степени биогеофизического сопряжения организма человека и среды был модифицирован разработанный «Способ оценки магнитотропных реакций у здоровых и больных людей» (Трофимов А.В., Деряпа Н.Р., а. с. №1396323 от 15 января 1988 г.; методические рекомендации утверждены МЗ РФ 21. 05. 87). Способ предусматривает использование кратковременного диагностического воздействия ПМП с целью оценки ответных физиологических реакций организма и определения уровня его чувствительности к МП заданной индукции. По результатам пробы можно судить о степени связи организма человека, его нейрогуморальных регуляторных систем с изменяющейся гелиогеофизической обстановкой. Способ основан на воздействии в течение 10 минут ПМП эластичных магнитоносителей марки АЛМ (а. с. № 445 438) с предельными величинами тестирующего сигнала от 15 до 25 мТл на области кожных покровов с обширным представителем точек рефлексотерапии (ТР). Воздействие приводит к кратковременной перестройке вегетативно-гуморальной и сердечно-сосудистой систем, динамика параметров которых регистрируется по ЧСС, величинам АД, кожной температуры и электросопротивления в ТР.

Проба с тестирующим магнитным воздействием проводилась следующим образом. По-

сле 15-минутного пребывания испытуемого, ориентированного лицом на север, в положении сидя, в условиях комфортной температуры воздуха производятся замеры исходных величин регистрируемых физиологических параметров. Затем стопы испытуемого (без обуви и носков), устанавливаются на 2 подготовленные магнитные площадки размером 250×125 мм. На ушные раковины помещаются магнитные наушники, после этого фиксируется время начала магнитной нагрузки. В течение этого срока трижды, в одной и той же последовательности, повторяется регистрация избранных параметров. После прекращения магнитной нагрузки, когда стопы испытуемого переведены в исходное положение – на поверхность из материала, не отличающегося по теплоемкости и теплоотдаче от материала магнитной площадки, а наушники сняты, физиологические параметры фиксируются еще два раза (на восстановлении).

В числе основных параметров, которые регистрировались в процессе тестирующих магнитных воздействий, были следующие: АД на правой плечевой артерии, частота пульса на лучевой артерии, кожная температура в средней трети сгибательной поверхности левого предплечья и электрофизиологические параметры в области ТР: V(C) – 9, V(C) – 8, IX(MC) – 8 или VM – 3, оцениваемые посредством измерения абсолютной разности значений отрицательного и положительного токов при смене фаз через 5 сек. Перед началом обследования на замкнутых электродах прибора устанавливался ток +/- 50 мкА. Измерения проводились на приборе электропунктуры ПЭП – 1.

Измерения АД выполнялись на автоматическом измерителе типа АVM, исключающем субъективные ошибки и обеспечивающем возможность повторных автоматических замеров через 2. 5 м, а также на ртутном тонометре типа Рива-Роччи – Короткова. Частота пульса определялась на пульс-тахометре и пальпаторно за 1 минуту. Температура кожных покровов в указанной области измерялась медицинским электротермометром ТПЭМ -1, датчик при регистрации фиксировался лейкопластырем.

Контрольные исследования проводились по той же схеме, что и при магнитном тестировании, но вместо магнитоносителей на площадках для стоп и в наушниках применялся материал того же химического состава, что и основа у магнитоносителей, но лишенный магнитных свойств. Визуальные отличия технических средств, применяемых в контроле и опыте, отсутствовали. В контрольных сериях, которые проводились в те же дни, что и опытные, вариант использования контрольных или опытных магнитных средств определялся помощником исследователя и фиксировался в протоколе. Исследователь в процессе работы не знал, какой из двух вариантов применялся в каждом конкретном случае, не знал этого и испытуемый, т. е. применялся двойной слепой метод. Было произведено 93 контрольных замера. Если в опытной серии, с использованием магнитоносителей, отмечались значимые различия параметров до и после воздействия (АД:  $128.6 \pm 2.4 - 121.8 \pm 2.3$  мм рт.ст.; ИТР:  $3.1 \pm 0.2 - 2.3 \pm 0.2$  мкА; T°:  $28.9 \pm 0.2 - 29.5 \pm 0.1$  0; P < 0.05), то в контроле значимых различий нет (АД:  $126.4 \pm 2.6 - 122.7 \pm 2.4$  мм рт.ст.; ИТР:  $3.3 \pm 0.2 - 3.1 \pm 0.2$  мкА; T°  $28.7 \pm 0.2 - 29.0 \pm 0.2$ ).

Кроме пробы, предусматривающей динамические измерения вышеназванных параметров, применялись и другие методы оценки ответных реакций организма человека на тестирующий магнитный сигнал. В этих случаях измерения проводились дважды: до и после магнитного воздействия, которое оказывалось по вышеназванной схеме.

Применялся способ корпоральной электропунктурной диагностики на основе стандартизированных средств и методов измерения электрических параметров ТР [Марков Ю. В., Козлов В. Г., 1983]. В качестве измерительного прибора использован цифровой вольтметр типа В7 – 27А, электродами которого служит провод МГТФ. При этом поисковый электрод помещался в капилляр меланжера, заполненный изотоническим раствором NaCl, а индифферентный электрод подключался к базовым точкам заднего срединного меридиана (Т – 27, 28). Последовательные измерения электрического сопротивления между исследованными ТР (3-9, СИ-4, Е-42, РР-3, С-7, ІС-4, V-64, R-3, МС-7, TR-4, VB-40, F-3) и базовой ТР производились в рабочем диапазоне прибора, равном 10 мОм. Прибор, исследователь и испытуемый при замерах были объединены гальванически, поисковый электрод устанавливался перпендикулярно накожной проекции ТР, на которую перед измерением помещалась капля изотонического раствора NaCl. Контроль за состоянием электродов осуществлялся перед каждым исследованием по значению их собственного сопротивления ( $0.45 \pm 0.15$  мОм) [Марков Ю.В., Козлов В.Г., 1983].

Использовался и способ тестирования состояния организма при помощи электрического тока на фиксированных частотах 10 кГц и 1мГц. Он применялся для интегративной оценки состояния на основе анализа электросопротивления переменному току и диэлектрических свойств тканей [Верещагин Г.А. и соавт., 1981]. Тестирующий электрод кондуктометра «Тонус – 2» располагался на концевой фаланге указательного пальца, а индифферентный – на ладони испытуемого. По показателям прибора вычислялся коэффициент поляризации для частот 10 кГц и 1

мГц. Соотношение импедансов тела, замеренных на двух частотах, высокой и низкой, свидетельствовало о балансе или дисбалансе активной и реактивной составляющих импеданса.

При некоторых исследованиях использовался метод реографии, основанный на регистрации в том или ином участке тела изменений электропроводности, происходящих вследствие объемных трансформаций сосудов, сопровождающих ритмичную деятельность сердца. Применялась реографическая приставка РР-1М, в основе работы которой – балансный способ измерения электрического сопротивления с мостовой схемой (мост Уитсона), при этом часть тела испытуемого включалась в одно из плеч измерительного моста переменного тока [Жуковский Л.И. и соавт., 1977]. Реограмма записывалась при наложении пластинчатых электродов размером 70×55 и 40×55 мм на области сгибательной поверхности левого предплечья или проксимальных отделов левого и правого плеча. Регистрация реограмм проводилась на фазе умеренной задержки дыхания, вместе с ЭКГ во II отведении, в положении испытуемых лежа. ЭКГ в стандартных отведениях до и после тестирующих магнитных воздействий записывалась на электрокардиографе 6-НЕК.

В числе дополнительных методов оценки магнитотропных реакций организма человека применялось кратковременное исследование световой (темновой) чувствительности сетчатки глаза в течение 3-х минут [Чигиринский В.А., 1968]. Метод основан на определении времени между окончанием световой адаптации и моментом, когда в полной темноте испытуемым распознается фигура заданной яркости. Использовался адаптометр АДМ V4. 2. в условиях одной и той же заданной яркости освещения (795НИТ) и оптической плотности фильтра, равной по шкале 1.1. После двух минут предварительной адаптации свет выключался, по секундомеру фиксировалось время, когда испытуемый замечал проецируемую на экран фигуру (круг, квадрат или крест). Изменения яркости во время предварительной адаптации, яркости и формы предъявляемых фигур, обеспечивали проверку ответов испытуемых. Исследования проводились до и через три минуты после тестирующего магнитного или контрольного воздействия, оказываемого по вышеобозначенной схеме.

В серии работ по оценке реакций здорового человека в гипогеомагнитной среде использовался комплекс приборов для психофизиологических исследований ПФК-01. При этом регистрировались: критическая частота световых мельканий (пять измерений подряд), время простых сенсомоторных реакций, теппинг-тест, ЭКГ в стандартных и грудных отведениях, а также проводились психофизиологические тесты «Кольца Лангольца» и «Скорость арифметических вычислений».

Гипогеомагнитная среда моделировалась в установке Ю.А. Зайцева, ослабляющей ГМП в 500-600 раз. Подробное ее описание дано в экспериментальном разделе работ. В экспериментах на моллюсках и при исследованиях на испытуемых-добровольцах использовалась одна и та же установка в виде полого цилиндра с диаметром внутренней полости около 1.5 м. Наряду с опытной, использовалась контрольная установка, идентичная опытной, но не содержащая пермалоя, и не обладающая гипогеомагнитным эффектом. В этой серии исследований использовался «слепой метод», когда испытуемый не знал, в установке какого типа, опытной или контрольной, он находился. Обследование проводилось в положении испытуемого лежа. Время экспозиции в гипогеомагнитной и контрольной среде – 30 минут.

Для оценки характеристик гелиогеофизической среды в местах проведения исследований применялся геофизический метод, используемый для наземных магнитных измерений с целью геофизического картирования и детализации магнитных аномалий. Использован квантовый магнитометр М-33, предназначенный для измерения и регистрации индукции МП Земли. Принцип действия квантового преобразователя, основного элемента магниточувствительного блока этого магнитометра, основан на выделении частоты резонансного поглощения электромагнитной энергии при переходе атомов рабочего вещества ( $^{133}\text{Cs}$ ) между двумя дискретными энергетическими подуровнями, расстояние между которыми зависит от величины внешнего магнитного поля. Диапазон измерений магнитной индукции у этого прибора от 20 000 до 80 000 нТл с погрешностью  $\pm 1.0$  нТл позволял использовать его в режиме непрерывной автоматической регистрации в большинстве исследовательских пунктов. На Диксоне, кроме магнитометра М-33, использовалась магнито-вариационная станция с автоматической обработкой и передачей данных МВС АОД-80 конструкции А. Г. Рощина. Производя опрос первичных измерительных преобразователей (1 раз в 10 сек.), по истечению каждой минуты МВС вычисляет осредненные за 1 мин. отклонения от спокойного уровня большинства компонент напряженности ГМП. Информация о значениях текущих величин компонент ГМП в аналоговом виде подавалась на входы самописцев и АЦП. Таким образом, на Диксоне была реализована возможность оперативного сравнения физиологических и гелиогеофизических данных в неблагоприятные гелиогеофизические периоды.

Кроме геофизических данных, полученных при непосредственных измерениях, использовалась информация магнито-ионосферных служб и астрономических обсерваторий о солнечной активности по числам Вольфа, площади солнечных пятен и радиоизлучению Солнца в диапазоне 202 мГц, о секторной структуре межпланетного магнитного поля, об ионосферной активности по дневным максимумам критической частоты слоя F2, ионограммам наклонного зондирования и по амплитуде поглощения космического радиоизлучения на частоте 32 мГц, о геомагнитной активности по AA, K, Ap – индексам, амплитуде H, Z, D – составляющих и микропульсаций ГМП, а также по факту и числу магнитных бурь.

Был создан банк гелиогеофизических данных глубиной более 80 лет, содержащий информацию о суточных значениях индукции ГМП, количестве магнитосферных возмущений, секторной структуре ММП, числах Вольфа, площади солнечных пятен, радиоизлучении Солнца, фазовом положении Луны, а также о наличии и характере локальных магнитных аномалий на основных территориях Евразии. Сформированный банк данных позволил оценивать гелиогеофизическую ситуацию не только во время проведения исследований, но и на любом этапе онтогенеза каждого из испытуемых.

**Таблица 1. Пример компьютерного заключения по программе «Гелиос».**

ФИО: Н.		Новолуние: 06 февраля 1932 6 D				
День рождения: 12 февраля 1932		Полнолуние: 22 января 1932 21 D				
Расчет. дата зачатия (РДЗ): 04 мая 1931		21 Февраля 1932 9 D				
Период	МПЗ	ММП	РИС	ЧВ	ПСП	ЧМБ
1 – Нед. пренатального развития	4	–	–	2	2	1
2 – Нед. пренатального развития	6	1	–	2	2	0
3 – Нед. пренатального развития	6	1	–	2	2	1
4 – Нед. пренатального развития	2	2	–	2	2	0
5 – Нед. пренатального развития	3	–	–	2	1	0
6 – Нед. пренатального развития	6	–	–	2	1	0
7 – Нед. пренатального развития	2	–	–	2	1	0
8 – Нед. пренатального развития	3	2	–	2	1	0
3 – Лунный месяц	3	5	–	2	1	1
4 – Лунный месяц	4	5	–	1	1	0
5 – Лунный месяц	5	3	–	2	1	1
6 – Лунный месяц	5	–	–	1	1	1
7 – Лунный месяц	6	–	–	2	2	0
8 – Лунный месяц	5	–	–	1	1	1
9 – Лунный месяц	4	–	–	1	1	1
10 – Лунный месяц	5	1	–	1	1	1
День рождения	7	–	–	–	–	0
Месяц после рождения	5	2	–	1	1	1

Примечания: МПЗ – магнитное поле Земли; ММП – межпланетное магнитное поле; ЧВ – число Вольфа; ПСП – площадь солнечных пятен; ЧМБ – число магнитных бурь; РИС – радиоизлучение Солнца

Разработаны и использованы в настоящем исследовании два новых методических подхода, предусматривающих обращение к вышеобозначенной базе данных: «Способ прогнозирования функциональной зависимости организма человека от гелиогеофизической обстановки на различных этапах онтогенеза» (патент № 2085108 от 27 июля 1997 г., патентообладатели Трофимов А. В., Казначеев В. П., Марченко Ю. Ю.) и «Способ диагностики функциональной зависимости организма человека от гелиогеофизической обстановки на различных этапах онтогенеза» (патент № 2085107 от 27 июля 1997 г., патентообладатели Трофимов А. В., Казначеев В. П., Марченко Ю. Ю.). Основным инструментом реализации вышеназванных способов в серии физиологических исследований была компьютерная программа «Гелиос» (свидетельство о регистрации № 970125 от 24 января 1997 г., авторы Трофимов А. В., Саранчин О. П., Казакова Е. А., Грачева А. В., Васенин Н. Т.), впервые продемонстрированная в 1992г. на Всемирной выставке «ЭКСПО-92» в Севилье. Компьютерное заключение по программе «Гелиос» (табл. 1) позволяло оценить сочетание гелиогеофизических факторов и степень их «жесткости» по семибалльной системе во все периоды пренатального развития каждого человека в возрасте от нескольких месяцев до 70 лет, определить фазовое положение Луны на момент условного зачатия, а также наличие и характер локальных магнитных аномалий в месте рождения. Знание периодов наиболее жесткого воздействия гелиогеофизической среды и эмбриологических данных о по-

следовательности эмбрионального развития различных функциональных систем организма давало возможность выделить те органы и системы, которые начинали свое развитие под воздействием конкретных сочетаний космических факторов.

Обследование проводилось в добровольном порядке при скрининговых медицинских исследованиях в производственных коллективах Новосибирска, Норильска, на Диксоне, в Петропавловске-Камчатском и в районе Курской магнитной аномалии, а также среди членов малых общественных групп – спелеоклубов, научно-экспедиционных и студенческих строительных отрядов. Обследованные лица составили пять основных возрастных категорий: 1) от 16 до 20 лет (663 человека); 2) от 21 года до 30 лет (394 человека); 3) от 31 года до 40 лет (325 человек); 4) от 41 года до 50 лет (306 человек) и 5) от 51 до 70 лет (53 человека). Всего обследован 1 741 человек, из них после специального медицинского освидетельствования у терапевта, хирурга, окулиста, невропатолога и ЛОР-врача, а также по данным функциональных проб и лабораторных анализов относительно здоровыми признано 1207 человек, которые и составили основные группы при оценке магнитотропных эффектов.

### 2.1.3. Больные с артериальной гипертензией

Проведена оценка магнитотропных реакций двух типов: при кратковременном (10 мин.), диагностическом воздействии ПМП (1) и в условиях пролонгированного, лечебно-профилактического применения ПМП через ТР (2).

При первом способе – тестирующего воздействия – использовался вышеописанный «Способ оценки магнитотропных реакций у здоровых и больных людей» (Трофимов А.В., Деряпа Н.Р., а.с. № 1396323 от 15 января 1988 г.). Методика его применения была аналогичной той, которая использовалась при обследовании здоровых лиц. Приведем описание конкретного метода балльной оценки индивидуального уровня магниточувствительности организма больных людей. Оценка проводится в два этапа (табл. 2, 3), на первом – учитываются признаки, которые могут повлиять на выраженность магнитотропных реакций в зависимости от гелиогеофизических условий, и анализ жизни пациента (табл. 2), на втором этапе проводится качественная, а затем и количественная оценка динамики регистрируемых физиологических параметров (табл. 2).

**Таблица 2. Оценка факторов, влияющих на уровень магниточувствительности организма.**

Признак	Уровень магниточувствительности					
	1		2		3	
	Низкий	Балл	Средний	Балл	Высокий	Балл
Солнечная активность в перенатальный период	Минимальная	1	Переходная фаза	2	Максимальная	3
Сезон года	Осень, ранняя зима	1	Лето, поздняя зима	2	Весна	3
Наличие магнитных бурь по отношению к периоду обследования	Спокойная геомагнитная обстановка	1	Обследование за 1-2 дня до магнитной бури	2	Обследование в день магнитной бури или в день после ее окончания	3
Продолжительность производственного контакта с ЭМП	Отсутствие контакта в анамнезе	1		2		3
Смена географических зон	Отсутствие выездов или выезд 1 раз в год (отпуск)	1	Переезды 2 раза в год на 1, 5-2 месяца	2	Длительные, частые выезды в контрастные климатические географ. зоны	3
Двигательная активность	Регулярные занятия спортом последние 3-5 лет	1	Нерегулярные занятия спортом, утренняя гимнастика	2	Минимальная двигательная активность	3
Употребление алкоголя	Не употреблял последние 4-5 дней	1	Употреблял за 2-3 дня до обследования	2	Употреблял в день или накануне обследования	
Употребление пищи перед обследованием	Обследование натощак	1	Пища за 3-4 часа до обследования		Пища за 1-2 часа до обследования	3

Чем раньше, по отношению к началу магнитной нагрузки, проявляется динамика параметров, тем более быстрый вариант магнитотропных реакций имеет место у конкретного обследуемого пациента. Наоборот, если ответные реакции проявляются только к 9-й минуте нагрузки или после ее прекращения, то можно говорить о замедленном варианте магнитотропных реакций. Качественный анализ предусматривает также выделение гипотензионного или

гипертензионного вариантов магнитотропных реакций по преимущественной динамике систолического или диастолического АД в сторону его снижения или повышения в процессе магнитной нагрузки.

**Таблица 3. Оценка уровня магнитотропных реакций организма по результатам магнитной нагрузки.**

Степень изменения показателя I	Уровень магниточувствительности						Степень изменения показателя II
	1		3		2		
	Низк.	Балл	Сред.	Балл	Высок.	Балл	
Снижение сист. АД от 3 до 7 мм рт. ст.	1 II	1					Повышен. кожн. темпер. на 0.2-0.3°C
Снижение сист. АД от 8 до 10 мм рт. ст.			1 II	2 2			Повышение кожн. темпер. на 0.4-0.5 °C
Снижение сист. АД от 11 до 20 мм рт. ст. и более					I II	3 3	Повышение кожн. темп. темпер. на 0.6-0.8 °C и более
Снижение диастол. АД от 3 до 10 мм рт. ст.	II	1	I	2			Изменение эл. проводности в точках У(С)-9 или IX(МС)-7 на 2-3 мкА
Снижение диастол. АД от 11 до 20 мм рт. ст. и более			II	2	I	3	Изменение эл. проводности в точках У(С)-9 или IX-(МС)-7 на 4-7 мкА
Повышение сист. или диастол. АД при магн. возд. на 3-10 мм рт. ст.			I	2	II	3	Изменение эл. проводности в точках У(С)-9 или IX(МС)-7 на 8-10 и более мкА
Повышение сист. или диастол. АД при магн. возд. на 11-20 мм рт. ст. и более	II	1			I	3	Изменение эл. проводности в точке ВМ-3 на 2-3 мкМ
Повышение АД после магн. возд. на 5-10 мм рт. ст.			I II	2 2			Изменение эл. проводности в точке ВМ-3 на 4-7 мкА

Степень изменения каждого параметра в определенных заданных пределах оценивается по трехбалльной системе. Низкому уровню магниточувствительности соответствует 0+6 баллов, среднему 7+10 баллов и высокому 10+21 балл. Полные данные об уровне магниточувствительности организма представляют собой суммарную величину в баллах, выведенную по таблицам 2 и 3 (табл. 4).

**Таблица 4. Оценка (в баллах) уровней магниточувствительности организма человека.**

Уровень магниточувствительности	Низкий	Средний	Высокий
Суммарное количество баллов	до 19	20-29	30-45

Трехступенные пороговые значения параметров установлены в результате корреляционного анализа на ЭВМ массива данных объемом 845 наблюдений.

Оценка выраженности магнитотропных реакций, проведенная по трем уровням, позволяет определить меру биогеофизического сопряжения организма больного человека и среды, а также возможность и индивидуальную тактику магнитотерапии с учетом гелиогеофизической обстановки.

Для пролонгированных воздействий мы использовали «Способ безлекарственной коррекции артериального давления через точки рефлексотерапии у больных гипертонической болезнью» (авторы Деряпа Н. Р., Трофимов А. В., Павленко С. С., методические рекомендации, утвержденные Минздравом РФ 27. 07. 87), предназначенный для поддержания АД у больных с гипертонической болезнью I-II стадии и с вегето-сосудистыми дистониями по гипертоническому типу на уровне, способствующем более благоприятному течению заболевания, без применения медикаментозных средств.

В качестве корригирующего фактора использовалась ПМП с индукцией от 16 до 24 мТл, локализованное на четырех точечных метрологически выверенных эластичных магнитоносителях в виде плоских шайб диаметром 1см. МП этого вида носителей не проникает в глубь организма, его воздействия ограничиваются лишь кожными покровами в пределах расположения рефлексогенных зон, осуществляющих передачу афферентных импульсов на различные уровни сегментарных и надсегментарных образований ЦНС. Точки рефлексотерапии (ТР) и их кожные проекции могут находиться в активном и неактивном состоянии. В области активных ТР при электрофизиологических исследованиях обнаруживается более низкое электрическое сопротивление, чем в окружающих тканях, большая электропроводность, высокий электрический потенциал (40-80 мкВ). Это делает активные ТР зависимыми от параметров внешне-

го ЭМП и позволяет рассматривать совокупность накожных проекций ТР как важный элемент системы по поддержанию электромагнитного постоянства организма и среды. Для направленных воздействий ПМП использовались симметричные точки двух меридианов: желудка и перикарда (Е – 36: МС – 6), имеющие известную топографическую анатомию и клинические показания, в числе которых – коррекция повышенного АД. После нахождения этих точек с помощью прибора электропунктуры ПЭП-1 на области их накожных проекций с помощью лейкопластыря на срок семь дней фиксируются эластичные точечные магнитоносители. В течение всего курса кожа под ними регулярно протирается спиртовым раствором, больному запрещается самостоятельно снимать магнитные аппликаторы и менять их ориентацию. После первого курса магнитопунктуры делается однедельный перерыв. Обычно цикл магнитокоррекции включает три курса с двумя перерывами, занимая пять недель. Первый курс магнитопунктуры проводится на фоне привычной для больного медикаментозной терапии, второй курс при уменьшенной в два раза дозировке гипотензивных средств, а третий курс – в условиях полного исключения приема лекарственных препаратов. АД в течение всех курсов контролировалось на идентичных, выверенных приборах: автоматическом измерителе типа АVM-4 или на ртутных тонометрах. В качестве дополнительных методов использовалась регистрация ЭКГ и R-параметров ТР на вольтметре В7-27А по методике Ю.В. Маркова и В.Г. Козлова, а также метод тетраполярной реографии на четырехканальном реографе.

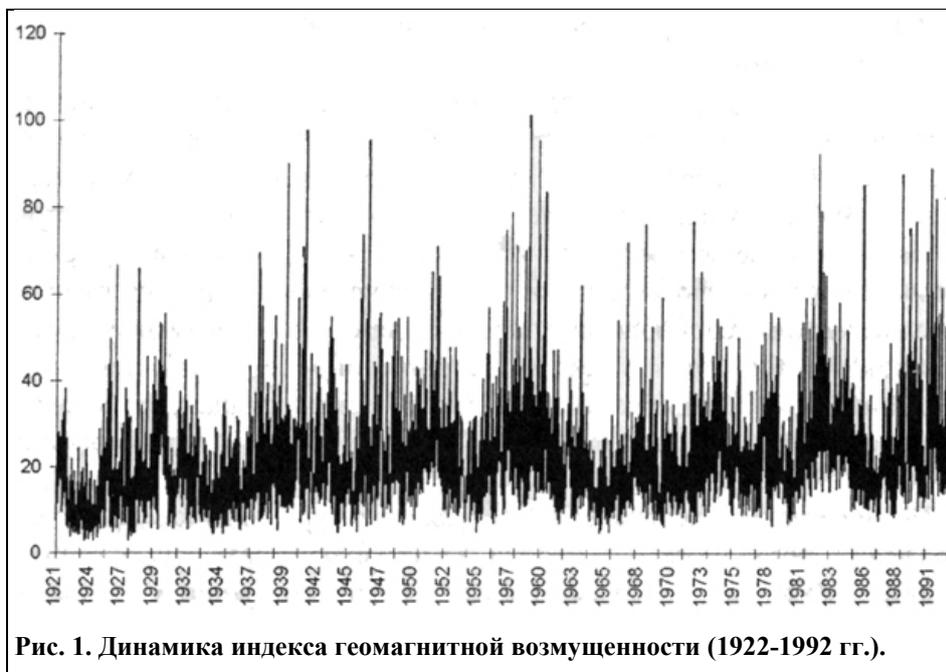
В цикле работ с больными людьми использовались специально разработанные для задач настоящего исследования «Способы прогнозирования и диагностики функциональной зависимости организма человека от гелиогеофизической обстановки на различных этапах онтогенеза» (патенты № 2085107 и № 2085108 от 27 июля 1997 г., патентовладельцы: Трофимов А.В., Казначеев В.П., Марченко Ю.Ю.) и компьютерная программа «Гелиос» (авторы Трофимов А.В., Саранчин О.П., Грачева А.Г., Казакова Е.В., Васенин Н.Т.) регистрационное свидетельство № 970125 от 24 марта 1997 г.).

В этой серии исследований использовались также методы магнитометрии (магнитометр М-33) и информация магнито-ионосферных служб.

#### **2.1.4. Больные с различными патологическими состояниями**

Медико-демографические архивные исследования производились с использованием компьютерной программы «Cosmic-v.01» (авторы Гадалов А. А., Трофимов А.В., Дурасов А.В., регистрационное свидетельство № 970122 от 21 марта 1997 г.), которая позволяет оценить и графически проиллюстрировать распределение основных гелиогеофизических факторов во

время внутриутробной жизни у людей в разных группах населения с различными патофизиологическими состояниями и заболеваниями. На основе выявленных популяционных биогеофизических закономерностей, характерных для заболеваний, классифицируемых по нозологическим группам, возможно компьютерное заключение для каждого человека о степени «гелиогеофизического риска» развития различных болезней.



**Рис. 1.** Динамика индекса геомагнитной возмущенности (1922-1992 гг.).

Неоднородность человеческой популяции по уровню биогеофизических сопряжений, образованных в период пренатального развития организма и рассматриваемых нами как фактор

риска для развития многих заболеваний, может быть оценена при компьютерной обработке архивных и статистических материалов по большим группам больных с классифицированными диагнозами и заключениями.

Компьютерная программа «Cosmic» использует базу данных о гелиогеофизической обстановке с 1920 по 1994 гг., принадлежащую Международному институту космической антропозологии и содержащую информацию о состоянии геомагнитного фона (рис. 1), количестве магнитных бурь, секторной структуре межпланетного магнитного поля, потоке радиоизлучения Солнца в диапазоне 202 МГц, количестве вспышек на Солнце их площади (рис. 2).

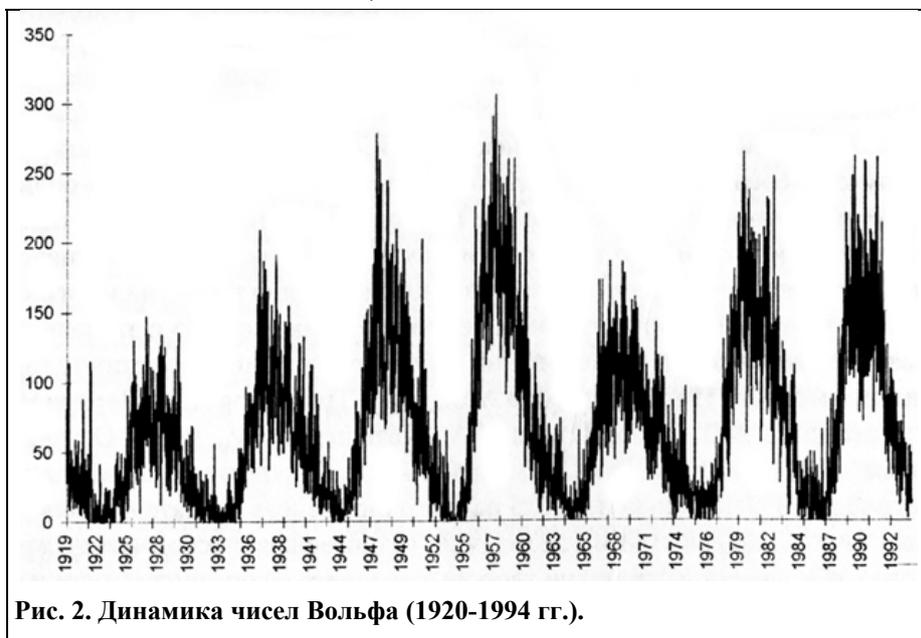


Рис. 2. Динамика чисел Вольфа (1920-1994 гг.).

При введении в компьютер информации о датах рождения пациентов мы получаем среднегрупповые величины распределения факторов солнечной и геомагнитной активности во все периоды пренатального развития.

Мы предполагали, что геоэкологическая ситуация, складывающаяся в периоде раннего онтогенеза, может стать ключевой для развития многих заболеваний человека в постнатальном пе-

риоде. Начиная с 1985 г. эта гипотеза рассматривалась в серии исследований лаборатории гелиоклиматопатологии [Казначеев и соавт., 1985; Трофимов А.В., 1984; Трофимов А.В., Деряпа Н.Р., 1988; Трофимов А.В., 1996, Trofimov A., Kaznatcheev V., 1991]. Оставался неясным принципиально важный момент: какие конкретные варианты геоэкологического дисбаланса периода раннего онтогенеза характерны для различных видов заболеваний и какова роль гелиогеофизической среды этого периода в обеспечении стратегии здоровья человека на организменном и популяционном уровне. Были предприняты новые статистические исследования и в соответствии с договором о научном сотрудничестве привлечена база данных лаборатории клинической диагностики и терапии НИИ ОПЭЧ СО РАМН, обработанная совместно с А.А. Гадаловым по программе «Cosmic». Она состояла из информации о 3 573 больных, систематизированной по группам в соответствии с классами заболеваний международной классификации болезней. Гистограмма распределения больных по датам рождения была близка к закону нормального распределения, что позволяло использовать для решения поставленных задач стандартный аппарат математической статистики.

Для более наглядной графической оценки компьютерно-аналитических результатов использовано их представление в виде круговых диаграмм, где каждое угловое деление соответствовало недельному периоду пренатального развития, а по оси ординат обозначались средние значения индексов геомагнитной или солнечной активности для всех групп больных.

## 2.2. Пункты и условия биогеофизических исследований

Особенности биотропного действия гелиогеофизических флюктуаций в сочетании с геофизическими характеристиками района во многом определяют особенности ответных реакций организма человека, находящегося в конкретном географическом пункте.

Количество избранных пунктов, в которых проведена сравнительная оценка биотропного действия гелиогеофизических факторов на различных этапах онтогенеза человека, определялось преимущественной выраженностью того или иного гелиогеофизического параметра. В наших исследованиях было 14 географических пунктов, расположенных в различных регионах Евразии в широтном коридоре от 42° до 77° с.ш., а в трансмеридианном направлении – в пространстве между 20° и 160° к востоку от Гринвича. Это – города Новосибирск, Норильск, пос. Диксон, мыс Челюскин, о-в Вилькицкого, города Ташкент, Ленинград (С. -Петербург), Желез-

ногорск, поселки Андросово, Тросна, город Петропавловск-Камчатский, кальдера вулкана Узон и Долина Гейзеров на полуострове Камчатка, а также пещера Кашкулакская в Ширинском районе Хакасии.

Остановимся на краткой характеристике некоторых из них. Основные исследования проведены в 1978-85 гг. и в 1990-92 гг. в Новосибирске, в пункте с характерными для промышленных центров высоким фоном электромагнитных полей искусственного происхождения и специфичной геологогеофизической структурой [Дмитриев А.Н., 1996]. Географическая широта, на которой расположен Новосибирск и его геологическая платформа, представленная мощными пластами гранитных пород со значительными разломами, позволяют охарактеризовать этот пункт, как участок с возможными электрическими пертурбациями.

Пункты исследований на Крайнем Севере расположены в пределах или вблизи аврального овала – зоны наибольшей выраженности ионосферных возмущений, полярных сияний и высокоширотных суббурь. На полуострове Таймыр расположен поселок Диксон (материковая и островная части), он находится на 73°31' с.ш. и 80°31' в.д. в зоне обширной отрицательной аномалии магнитного поля, охватывающей всю прибрежную часть полуострова Таймыр. Полярный день в этих широтах длится около 102 суток (физиологические исследования 1985 г.), полярная ночь продолжается 85 суток (физиологические исследования 1975 г.). Средняя температура зимой -28° (январь), а летом +4° (июль). Температура воздуха зависит от направления ветра: зимой преобладают ветра южной направленности, летом – северо-восточные и северо-западные. Переход температуры через 0 происходит в июне. Среднее число ясных дней в июле составляет 10, а пасмурных 21. В летние месяцы часты туманы: в среднем, в течение 22-24 дней. Почва оттаивает лишь на глубину 112 см, массив вечной мерзлоты продолжает доминировать, в конце сентября уже снова устанавливается снежный покров. Все вышеназванные признаки отражают особенности солнечной инсоляции в высоких широтах и связанных с ней процессов, во многом определяя уровень биогеофизических взаимодействий в этом регионе.

Высокоширотные исследования 1985 г. проводились также на одном из небольших островов Карского моря – острове Вилькицкого, расположенном на той же широте, что и Диксон (все это – зоны отрицательных магнитных аномалий), в береговой зоне Таймырского полуострова, в самой северной точке Азиатского континента – мысе Челюскин (в 1985 г.) и в материковой части полуострова Таймыр, в пригороде Норильска, расположенном на рудных отвалах (в 1976-77 гг.). Рудоносные интрузии Норильско-Талнахской группы по намагниченности являются средним звеном среди полнодифференцированных интрузий. Векторы остаточной намагниченности этих пород имеют восточные азимуты и почти вертикальные положительные углы [Самусенко В.В., Стифеева Г.Т., 1979]. Величины индукции ГМП, измеренной в точке близ Норильска, отражают мозаичность структуры МП, ее микроаномальность, обозначая особый биогеофизический фон, особую магнито-полевую нишу, в которой периодически оказываются жители Норильска (в этой зоне располагалось лечебно-профилактическое учреждение).

Серия исследований 1985 г. проведена в зонах крупнейшей Курско-Белгородской магнитной аномалии, имеющей площадь более 160 тыс. км<sup>2</sup>. Она простирается с северо-запада на юго-восток от Балтийского до Азовского морей полосой около 250 км ширины, охватывая территорию 12 областей [Хижняк А.А., 1973]. Наши исследования проводились в Железногорском районе Курской области (г. Железногорск, карьер рудодобычи в Веретенинской залежи, пос. Андросово), а также в Орловской области (пос. Тросна). При этом для работ выбирались участки с различными величинами магнитной индукции: от нормальных (г. Железногорск, пос. Тросна) до резко выраженных аномальных величин ГМП (80 000–90 000 гамм), (пос. Андросово, расположенный над не осваиваемой залежью руды, и один из карьеров открытой рудодобычи Михайловского месторождения железистых кварцитов – основной причины столь сильной магнитной аномалии). Докембрийские железистые кварциты, залегающие в виде мощной, интенсивно дислоцированной толщи меридианного направления (до 7 км в длину, 2,5 км в ширину и 5 км в глубину), сверху, на протяжении до 160 м оказываются прикрытыми девонскими и послетретичными отложениями. В железорудной толще Веретенинской залежи установлено наличие аутогенно-минералогической зональности, которая состоит в постепенной смене минерального состава железистых кварцитов от существенно магнетитовых к гематитосодержащим и обратно, что и определяет соответствующие изменения ГМП в пределах Михайловского железнорудного района КМА. В районе Веретенинской залежи, где расположен карьер, наблюдаются колебания ГМП в пределах  $15 \times 10^3$ – $80 \times 10^3$  гамм. Рабочие, пребывающие в открытом карьере, в разрезе этой залежи на глубине 200-300 м, испытывают воздействия аномальных величин ГМП, постоянно перемещаясь при этом из зон с малой индукцией ГМП в зоны, где одна из составляющих ГМП – вертикальная, почти в два раза превышает ее значение на полюсах Земли. Чередование таких зон – характерная особенность КМА [Павловский В.И., 1973; Почта-

рев В.И., 1984]. Подобная интенсивность и столь высокий градиент геофизических воздействий не могут не вызывать выраженных биотропных эффектов.

В 1983 и 1985 гг. были проведены исследования на территории Камчатского полуострова: в Петропавловске-Камчатском, расположенном на берегу Авачинской бухты в восточной Камчатке, находящейся на стыке Евразийской и Тихоокеанской плит литосферы, где земная кора и подстилающая ее мантия испытывают наиболее значительные нагрузки [Никонов А.А., 1984], что проявляется в высокой сейсмической и вулканической активности, влияющей на электромагнитные характеристики этого региона. Одна из зон наибольших отклонений земной поверхности при геотектонических возмущениях также приходится на Тихоокеанскую континентальную окраину и, в частности, на районы Камчатки [Соболев В.А., Гулиева Г.И., 1981]. Для Камчатского полуострова характерно чередование отрицательных и положительных магнитных аномалий земной поверхности. Проводились исследования и на территории Кроноцкого государственного заповедника Камчатской области: в кальдере вулкана Узон и в котловине Долины Гейзеров, относящихся к вулcano-тектонической депрессии с характерными локальными гравитационными, магнитными аномалиями и термальными полями как элементом гидротермальных систем, через которые проникает тепловой поток из глубинных горизонтов земной коры [Карпов Г.А., 1980; Зубин М.И. и соавт., 1971]. Кальдера вулкана Узон, относящаяся к кальдерам типа Кракатау, хранит в себе уникальное сочетание геофизических факторов. Магнитотропные реакции человека в этих районах могли иметь существенные особенности.

В январе 1985 г. были проведены исследования в Ташкенте – другой крупной сейсмоактивной зоне, большинство сильных землетрясений в которой приходится на районы разломов земной коры. В периоды сейсмической активности электромагнитный фон района существенно меняется. Представлялось важным то, что Ташкент расположен в зоне аномального перехода МП Земли в отрицательное.

В эти же сроки проводились работы в Ленинграде (С. -Петербурге), расположенном в зоне отрицательной магнитной аномалии с величиной 3-5 мЭ.

Серия спелеофизиологических исследований выполнена в 1984-89 гг. в одном из самых больших карстовых образований Западной Сибири, пещере Кашкулакская Ширина района Хакасии, имеющей локальную магнитную аномалию. Карсты располагаются преимущественно в верхне-юрских и кембрийских известняках. Установлено, что теллурические токи Земли в местах, где земную поверхность прорезают ущелья, пропасти и пещеры, отклоняются от своего пути с запада на восток, образуя аномальные участки. В некоторых пещерах, например, в пещере Сигалер (Франция) также отмечаются локальные магнитные аномалии [Кастере Н., 1975]. Исследования под землей позволяют оценить особенности магнитотропных реакций человека в условиях природного экранирования и изменений привычного гелиогеофизического фона.

Серия физиологических гипогомагнитных исследований выполнена в 1990-92 гг. на основной базе лаборатории гелиоклиматопатологии НИИ ОПЭЧ СО РАМН в Нижней Ельцовке, за пределами промышленных районов Новосибирска, вне зоны электромагнитного загрязнения с индукцией ГМП, в зоне нахождения здания 61 000-63 000 нТл.

Таким образом, основные серии физиологических исследований по оценке особенностей биогеофизических сопряжений организма человека на различных этапах онтогенеза с гелиогеофизической средой в разнообразных ее вариантах, проводились в период с 1975 по 1992 гг., на фазах двух минимумов и двух максимумов циклов солнечной активности.

Гипогомагнитная среда формируется в экранирующей установке (автор – к. ф. н. Ю.А. Зайцев) в виде толстостенного цилиндра из пермалоя размером 380×115 см, расположенного горизонтально, поперек силовых линий ГМП; установка ослабляет геомагнитную индукцию в 500-600 раз.

Метрологический контроль уровня ослабления ГМП осуществлялся Сибирским НИИ метрологии с использованием высокочувствительных магнитометров, а также с применением квантового магнитометра М-33.

Географические пункты исследований больных с артериальной гипертензией в основном соответствовали пунктам, где обследовались здоровые лица. Геофизическая характеристика каждого из этих пунктов дана выше. Дополнительным пунктом обследования больных с АГ стал Кисловодск, расположенный в низкогорных районах Кавказа, в зоне положительной магнитной аномалии. Так же, как и в физиологической серии работ, проведено обследование больных в Ташкенте, расположенном в зоне аномального перехода положительного МП Земли в отрицательное. Чередование отрицательных и положительных аномалий характерно для Камчатского полуострова, где тоже производились клинико-физиологические исследования лиц с АГ. В местах, где проходили скрининговые обследования населения (Новосибирск, Диксон, Петропавловск-Камчатский, Железногорск и поселки КМА), выявлялись лица с устойчиво про-

являющимся синдромом артериальной гипертензии (АД > 160/90 мм рт. ст. после трехкратных его измерений на правой плечевой артерии). В Новосибирске и на Диксоне при длительном наблюдении и обследовании пациентов в условиях Центра медицинской магнитологии на базе поликлиники 2-й Клинической больницы Новосибирска (1987 г.) и Заполярной магнитофизиологической службы на базе Диксонской портовой больницы (1988 г.) методом исключения, ставился диагноз гипертонической болезни I–II ст. (в Петропавловске-Камчатском, в Кисловодске и в районах КМА диагноз определялся в местных клинических больницах и МСЧ). Количество больных, обследованных в каждом населенном пункте, их диагноз и сроки обследования представлены в таблице 5.

Больные с синдромом АГ в Новосибирске обследовались в различные сезоны, годы, в утренние и дневные часы (с 10:00 до 16:00 местного времени) в одном и том же помещении вне геофизических аномалий, с индукцией ГМП в месте обследования 48 000 нТл. На Диксоне в 1975 г. обследование проходило в период полярной ночи в условиях электрического освещения, в помещении с индукцией ГМП 32 000 нТл. Исследования на Диксоне в 1985 году проводились в период полярного дня, в условиях естественного освещения в помещении с индукцией ГМП 52 000 нТл. Заполярные исследования 1986–93 гг. проведены в период полярной ночи, в условиях электрического освещения на фоне индукции ГМП, равной 36 000 нТл.

**Таблица 5. Распределение больных с синдромом артериальной гипертензии (АГ), включая гипертоническую болезнь (ГБ), по месту и срокам обследования.**

№	Место обследования	Период обследования	Диагноз	
			АГ	ГБ
1	Новосибирск	1980–81	45	19
		1983–91	467	321
2	пос. Диксон	1975	150	107
		1985–93	242	172
3	Петропавловск-Камчатский	1983–85	59	21
4	КМА	1985	96	34
5	Ташкент	1985	34	–
6	Кисловодск	1985	36	–
Всего:			1129	674

В районах КМА исследования проводились в июле 1985 г. в двух точках: с индукцией ГМП 86 000 и 48 000 нТл; в Петропавловске-Камчатском в августе 1983 и июле 1985 г. в помещении без выраженных магнитных аномалий.

Синхронное, по астрономическому времени, обследование пациентов с артериальной гипертензией осуществлялось одновременно по идентичным методикам в различных географических пунктах 17 и 31 июля 1985 года.

Во всех исследовательских пунктах положение пациентов при тестирующих магнитных воздействиях было одинаковым – лицом к южному магнитному полюсу.

### 2.3. Объем информации и принципы обработки материалов

При проведении экспериментов к обработке были приняты данные о солнечной и геомагнитной активности, содержащиеся в отечественных и зарубежных информационных бюллетенях.

Использована информация о потоке радиоизлучения Солнца на частоте 202 мГц (единица измерения  $10^{-22} \text{ Вт} \times \text{М}^2 \times \text{Гц}$ ; объем информации 84 единицы), о среднесуточных значениях интенсивности нейтронной компоненты космических лучей (единица измерения имп/ч, объем информации – 76 единиц), о полярности ММП по наземным данным обсерваторий Восток, Резолют, Туле (объем информации – 316 единиц), о К-индексе – трехчасовых и суточных характеристиках геомагнитной активности (в баллах квазилогарифмической шкалы, объем информации – 636 единиц), Ар-индексе – суточной эквивалентной планетарной амплитуде, 74 единицы информации), о амплитуде микропульсаций ГМП типа РСЗ по данным обсерватории Борок в интервале 00-09 часов всемирного времени, единицы измерения – гаммы, объем информации – 53 единицы).

Исходные экспериментальные и гелиогеофизические данные обработаны на ЭВМ ЕС-1033 при помощи программ STATN и CORRN из пакета прикладных программ, разработанных ст.н.с. Е.Г. Веревкиным.

По физиологическому разделу работ произведено 1726 тестирующих воздействий МП, при которых выполнено 12 126 замеров АД, 11 950 измерений частоты пульса и 11 895 измере-

ний кожной температуры. На приборе ПЭП-1 измерено 72 624 показателя электропроводности ТР при двухфазном воздействии электрического тока силой  $15 \pm \text{мкА}$ . Проведено 3 760 измерений электрического сопротивления ТР на вольтметре В7-27А; 1 026 измерений на кондуктометре «Тонус-2». Зарегистрировано 352 ЭКГ в стандартных отведениях, по ним рассчитано 956 показателей (R, PQ, QT, R-R, электрическая ось сердца); 146 реограмм, по которым рассчитано 438 количественных показателей (реографический индекс, амплитудно-частотный показатель, индекс периферического сопротивления). Принято для анализа 702 значения времени темновой адаптации сетчатки глаз и 460 психофизиологических показателей. Всего при физиологических исследованиях в различных гелиогеофизических условиях получено 116 000 единиц первичной информации.

При оценке гелиогеофизической обстановки в местах обследования произведено 16 826 измерений индукции ГМП и их вариаций на магнитометре М-33; 13 112 измерений составляющих вектора ГМП на МВС АОД-80. К обработке приняты также данные о солнечной, геомагнитной активности и состоянии ионосферы, содержащиеся в информационных бюллетенях и предоставленные магнито-ионосферными станциями и геолого-геофизическими службами Иркутска, Новосибирска, Диксона, Норильска, Железногорска, Ташкента, С.-Петербурга и Петропавловска-Камчатского. Всего – более 380 000 единиц первичной гелиогеофизической информации. Общая база данных принятой к математической обработке информации составила 496 000 единиц.

Вся первичная информация обработана на ЭВМ ЕС-1033 и IBM-PC при помощи компьютерных программ STATN и CORN из пакета программ, разработанных ст. н. с. Веревкиным Е.Г., с использованием программы «Гелиос», критериев Стьюдента и Уитни-Манка, а также методов регрессионного анализа.

При обследовании больных с АГ произведено 936 тестирующих воздействий ПМП, в ходе которых выполнено 5 616 измерений АД, 4 820 измерений ЧСС, 4153 измерений кожной температуры, 33 696 измерений электропроводности в накожных проекциях ТР на приборе ПЭП-1 и 22 196 определений электрического сопротивления в проекциях ТР на вольтметре В-7-27А. Зарегистрировано 290 ЭКГ, по которым рассчитано 870 показателей (PQ, QT, R), Всего получена 71351 единица первичной информации.

При оценке гелиогеофизической обстановки в местах обследования произведено 5926 измерений индукции ГМП и их вариаций на квантовом магнитометре М-33. К обработке приняты также данные о солнечной и геомагнитной активности, содержащиеся в отечественных и зарубежных каталогах и информационных бюллетенях; всего 12537 единиц.

Все клинико-физиологические и гелиогеофизические данные обработаны на ЭВМ ЕС-1033 при помощи программы STATN и CORN (автор Веревкин Е.Г.), а также на ЮМ РС-486 по программам «Cosmic» (авторы: Гадалов А.А., Трофимов А.В., Дурасов А.А.) и «Гелиос» (авторы: Трофимов А.В., Саранчин О.П., Казакова Е.А., Грачева А.В., Васенин Н.Т.).

При выполнении компьютерно-аналитических исследований с целью выполнения требований статистики к выборке, для анализа взяты классы заболеваний, в которых насчитывалось более 100 пациентов. Согласно условиям парного Т-теста произведена проверка на принадлежность к одной генеральной совокупности (общему массиву) данных по каждому классу заболеваний. Определены соответствующие вероятности принадлежности (P), в отношении геомагнитной и солнечной активности (табл. 6).

**Таблица 6. Принадлежность к генеральной совокупности различных классов заболеваний.**

Класс заболеваний	Заболевания (n > 100)	P (чВ)	P (ГВ)
1	Эндокринной системы и обмена веществ	0.026467	7.34E-07
2	Психические расстройства	0.00369	0.000108
3	Система кровообращения	1.3E-14	0.106914
4	Органы дыхания	0.003481	0.028958
5	Органы пищеварения	0.050083	0.008381
6	Мочеполовая система	6.94E-09	8.2E-14

Примечание: р(ГВ) – вероятность принадлежности к генеральной совокупности, представляющей средние за неделю значения геомагнитной возмущенности для всех больных, исключая заболевания данного класса; р(чВ) – вероятность принадлежности к генеральной совокупности, представляющей средние за неделю значения чисел Вольфа для всех больных, исключая заболевания данного класса.

По результатам обработки, представленным в таблице 6, можно сделать важный вывод о том, что практически все классы (за исключением болезней системы кровообращения, где P, в

отношении солнечной активности = 0.106914) не принадлежат к генеральной совокупности, следовательно, гелиогеофизическое воздействие среды в пренатальный период развития каждого из группы лиц, представляющих различные классы заболеваний, может быть специфичным.

К обработке приняты материалы из компьютерной базы данных Новосибирского городского психоневрологического диспансера (1154 случая заболеваний с классифицированными по международной номенклатуре диагнозами); данные, полученные при выборочном обследовании учащихся ПТУ в возрасте 15-17 лет, проведенном в 1997 г. Новосибирским областным наркологическим диспансером (352 наблюдения), данные онкологических диспансеров (767 наблюдений), специализированного логопедического кабинета (299 наблюдений) и результаты многолетних исследований лаборатории гелиоклиматопатологии (420 наблюдений). В контрольных группах использованы данные о датах рождения 1680 практически здоровых людей. Всего по программе Cosmic v.01 проанализировано 8 253 даты рождения.

(продолжение следует)

### Л и т е р а т у р а :

1. Асанова Т.П., Раков А.Н. Состояние здоровья работающих в электрическом поле открытых распределительных устройств 400-500 кВ. // Физиол. журнал. – 1964. – № 4. – С. 16-20.
2. Введенский В.Л., Огожин В.И. Магнитные поля человека // Кибернетика живого. Биология и информация. – М.: Наука, 1984. – С. 117-131.
3. Верещагин Г.А., Осенний А.С., Олейников Ф. Портативный кондуктометр «Тонус-2» // Контроль и диагностика с-х объектов. – Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1981. – С. 16-21.
4. Войчишин К.С., Драган Я.П., Куксенко В.И., Михайловский В.Н. Информационные связи биогелиогеофизических явлений, элементы прогноза. – К.: Наукова думка, 1974. – 208 с.
5. Дмитриев А.Н. Природные электромагнитные процессы на Земле. – Горно-Алтайск, 1996 – С. 48-51.
6. Жизнь животных. Т. 2. – М.: Просвещение, 1968. – С. 74-75.
7. Жуковский Л.И., Фринерман К.А., Шершнев В.Г. Аппаратура для реографических исследований. Методика и техника клинической реографии // Клиническая реография / Под ред. Шершнева В.Г. – К.: Здоровье, 1977. – С. 13-19.
8. Зубин М.И., Мелекшеев И.В., Таракановский А.А., Эрлих Э.Н. Четвертичные кальдеры Камчатки // Вулканизм и глубины Земли. – М.: Наука, 1971. – С. 55-66.
9. Казначеев В.П. Космологические аспекты в биологии: живое вещество, внешняя и внутренняя среда // Бюлл. Сиб. отд. АМН СССР. – 1983. – № 2. – С. 62-71.
10. Казначеев В.П. Очерки теории и практики экологии человека. – М.: Наука, 1983. – С. 96.
11. Казначеев В.П., Деряпа Н.Р., Хаснулин В.И., Трофимов А.В. О феномене гелиогеофизического импринтирования и его значении в формировании типов адаптивных реакций человека // Бюллетень СО АМН СССР. – 1985. – Вып. 5. – С. 3-7.
12. Карпов Г.А. В кальдере вулкана – М.: Наука, 1980. – 96 с.
13. Кастере Н. Полвека под землей. – М.: Детская литература, 1975. – 192 с.
14. Колодченко В.П. Корреляция между скоростью реакции осаждения эритроцитов и состоянием возмущенности магнитного поля Земли // Матер. 2-го Всесоюз. совещ. по изуч. влиян. магн. полей на биобъекты. – М., 1969. – С. 124.
15. Кунгуров В.П., Пишник А.Т. Изменение высшей нервной деятельности у членов локомотивных бригад электровозов в условиях г. Красноярска под влиянием ПсМП промышленной частоты // Проблемы высш. нерв. деят. человека и животных. – М., 1971. – С. 124-128.
16. Марков Ю.В., Козлов В.Г. Способ корпоральной электропунктурной диагностики // Усовершенствование методов и аппаратуры, применяемых в учебном процессе, медико-биологических исследованиях и клинической практике. – Л.: ВМА им. С.М. Кирова, 1983. – С. 100-102.
17. Павловский В.И. К вопросу изучения влияния магнитного поля на биологические объекты в условиях Курской магнитной аномалии // Влияние естественных и слабых искусственных МП на биологические объекты / Матер. второго Всесоюз. симпозиума. 18-20 сентября 1973 г. – Белгород, 1973. – С. 12-13.
18. Патрушева О.И. Экспериментальное изучение саморегуляции у большого прудовика. – Казань, 1970. – 23 с.
19. Почтарев В.И. Нормальное поле Земли. – М.: Наука, 1984. – 232 с.
20. Рабинович Э.З., Таран Ю.П., Усачев М.Д., Шилов В.Н., Эпштейн И.М. Исследование кинетики утилизации кислорода кожей человека в экстремальных условиях при действии ПМП // Тез. Всесоюз. симп.: Физиол. и клин. проблемы адаптации к гипоксии, гиподинамии и гипертермии. Т. 2. – М., 1981. – С. 96.
21. Савина Л.В., Бельтюгов В.Г. Сосудисто-рефлекторные реакции здоровых лиц на действие магнитных аппликаторов // Актуальные вопросы заболеваний внутренних органов. Тез. I съезда терапевтов Пермской обл. – Пермь, 1981. – С. 130-131.
22. Савина Л.В., Попов А.В. Некоторые показатели центральной гемодинамики и электрической активности сердца у здоровых лиц при воздействии эластичным магнитом на щитовидную железу // Актуальные вопросы заболеваний внутренних органов. Тез. I съезда терапевтов Пермской обл. – Пермь, 1981. – С. 129-130.
23. Сазонова Т.Е. Функциональные изменения в организме при работе в электрическом поле промышленной частоты высокой напряженности // Автореф. дисс. канд. тех. наук – Л.: ЛПИ, 1965. – 40 с.

24. Самусенко В.В., Стифеева Г.Т. Обобщения и анализ геофизических материалов в Норильском районе. – Норильск, 1979. – 126 с.
25. Соболев В.А., Гулиева Г.И. Геомагнитные возмущения и электромагнитный обмен у здоровых лиц // Акт. вопр. магнитобиологии и магнитотерапии. – Ижевск, 1981. – С. 66-67.
26. Трофимов А.В. Новые данные по изучению магнитореактивности живых систем в эксперименте и клинике // Sbornik prednasek Electromagneticke pole a biologické Systemy. – Praha, 1984. – P. 159-169.
27. Трофимов А.В. Пренатальное гелиогеофизическое импринтирование и индивидуальные особенности восприятия человеком геокосмических потоков // Вестник МИКА. – 1996. – Вып. 3. – С. 24-32.
28. Трофимов А.В., Деряпа Н.Р. Влияние гелиогеофизической обстановки в различные периоды онтогенеза человека на индивидуальные особенности его магнитотропных реакций и некоторые конституционные признаки // Тез. докл. Респ. науч.-практ. конф. – Казань, 1988. – С. 69-70.
29. Трофимов А.В., Деряпа Н.Р. Принципы диспансеризации лиц организованных контингентов с высокой чувствительностью организма к магнитным полям // Сб. научных работ. Вып. XVI. – Куйбышев, 1988. – С. 142-143.
30. Труханов К.А., Шевин А.Д. Электромагнитные поля, возникающие при движении в гипогеомагнитном поле // Электромагнитные поля в биосфере. – М.: Наука, 1984. – С. 109-118.
31. Ульянов Н.В., Мельников А.В., Славцов Ю.Н., Черняев И.И. Первые наблюдения по изучению магнитореактивности здоровых людей // Актуальные вопросы мед. магнитобиологии. – Саранск, 1977. – С. 55-56.
32. Уразаев А.М. Особенности физиологических и психофизиологических реакций ЦНС человека на постоянное и низкочастотное магнитное поле: Дисс. канд. биол. наук. – Томск, 1978. – 202 с.
33. Фефер А.С. Применение магнитофорных устройств в сельскохозяйственном производстве. – М., 1978. – 80 с.
34. Хижняк А.А. К природе геомагнитного поля и его аномалий // Матер. Всесоюз. симп. «Влияние естественных и слабых искусственных полей на биообъекты». – Белград, 1973. – С. 10-12.
35. Чигиринский В.А. О возможности использования темновой адаптации для изучения влияния магнитного поля на организм человека // Матер. II Всесоюзн. совещ. по изучению влияния магн. полей на биологические объекты. – М., 1968. – С. 251-252.
36. Baker R., Mather I., Kenneough T. Magnetic bone in sins of man // Nature. – 1983. – V. 301. – P. 78-80
37. Barnwell F. A day-to-day relationship between oxydative metabolism and world-wide geomagnetic activity // Biol. Bull. – 1960. – V. 119. – P. 301-303.
38. Brown F. How animals respond to magnetism. // Discovery. – 1963. – 24, 11. – P. 18.
39. Brown F., Brett F., Bennet M., Barnwell F. A magnetic compass response of on organism and its solar relations hips // Biol. Bull. – 1960. – 118, 3. – P. 367.
40. Brown F., Shzinez J., Ralph C. Solar and lunar rhythmicity in the rat in “Constant Conditions” and mechanism of physiological time measurement // Amer. J. Physiol. – 1956. – 184 – P. 491.
41. Frey A. Some effects of human subjects of UHF radiation // American J. of medical electronics. – 1963. – N. 2. – P. 28-31.
42. Gittelsohn B. Biorhythm. – USA: Warner comp. 1984. – P. 35-38.
43. Hambravous G., Lundquist S. biological effects of electromagnetic field // Royal swedich Academy of Engineering sciences. – Stockholm, 1976. – P. 24-67.
44. Kryspin J. Electromedisin – 1965. – N. 10 – S. 95-107.
45. Semm P. et al. Neuronal basis of magnetic compass // J. Comp. Physiol A. – 1984. – V. 155. – P. 283-288.
46. Trofimov A.V., Kaznatcheev V.P. Electromagnetic factors and the Psychophysiological state of man. // NCGR Journal. – Spring 1991. – P. 15-16.
47. Walter W., Mitchell J., Rustan R, Frezer J., Hurt W. Cardial puls generators and electromagnetic interference // J. of Amer. Med. Association – 1973. – N. 12. – P. 1628-1631.
48. Wikswow J.P. Measurement of field of isolate nerves. // IEEE 1980 Frontiers of Engineering in Healthcare, 1980. – 141-144.

*Trofimov A.V.*

### **New horizons of geocosmic medicine**

The work is devoted to topical problems of heliobiology and space anthropoecology. On the examples of long-term studies of magnetotrophic reactions of animals, healthy and sick people at various geographical locations in the Far North, Kamchatka, the Kursk-Belgorod magnetic anomaly and in Western Siberia the living matter of the Earth is considered in indissoluble unity with the heliogeophysical environment. At the same time, high blood pressure and hypertensive variants of the response of functional systems of the human body to a testing magnetic signal act as an indicator of biogeophysical trouble. The phenomenon of heliogeophysical imprinting, discovered by Novosibirsk scientists, is described in detail in the early stages of ontogenesis of the extreme effects of various cosmic factors. The results of computer evaluation of long-term consequences for human health of intrauterine helio-geoecological imbalance are presented.

*Key words:* heliobiology, magnetotrophic reactions, heliogeophysical imprinting.

Олейник В.П.

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ФЕЙНМАНА: ФИЗИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ.  
УСКОРЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ПО ИНЕРЦИИ И СИЛЫ ИНЕРЦИИ**

*Институт высоких технологий  
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
ул. Владимирская, 64, Киев, 01601, Украина  
e-mail: valoleinik@gmail.com*

Решена фундаментальная проблема, сформулированная Р. Фейнманом: **установить механизм, скрытый за законом тяготения** (за законом Кулона). Парадоксально, что закон Кулона служит в течение нескольких веков важнейшим инструментом научных исследований, но до сих пор неизвестен физический механизм взаимодействия между частицами. Справедливость закона всемирного тяготения подтверждают опыты Кавендиша для макротел и наблюдения за движением планет Солнечной системы. Большинство физиков считает, что закон Кулона описывает взаимодействие не только между звездами, планетами и макротелами, но и между отдельными частицами, хотя отсутствуют опытные данные, подтверждающие справедливость этого закона для отдельных частиц. Раскрытие физического механизма взаимодействия между частицами относится к числу важнейших проблем физики. Незнание физической природы взаимодействия тормозит многие исследования – по холодному ядерному синтезу, управлению гравитацией, созданию двигателей без выброса реактивной массы и др.

Показано, что внесение пробной точечной классической частицы (рассматриваемой в качестве измерительного прибора) в область действия кулоновского поля, создаваемого исходной точечной частицей, заметно искажает кулоновское поле и существенно изменяет состояние движения исходной частицы. Результирующее кулоновское поле, возникающее при наложении кулоновских полей исходной и пробной частиц, значительно отличается от кулоновского поля исходной частицы. Это значит, что кулоновское поле, порождаемое точечной частицей, не обладает свойствами внешнего поля. Однако при выводе закона всемирного тяготения существенно используется предположение, что кулоновское поле каждой частицы действует на соседнюю частицу как внешнее поле. Отсюда следует, что **закон всемирного тяготения недопустимо экстраполировать на взаимодействие между отдельными частицами, его использование при описании взаимодействия между частицами является серьезной ошибкой.**

Механизм взаимодействия между частицами, скрытый за законом тяготения, имеет формальный, абстрактный характер. Кулоновское поле, приписываемое отдельным частицам, появляется как решение феноменологического уравнения. За ним не стоит какое-либо реальное, физическое поле, какое можно было бы обнаружить на опыте. Закон Кулона является следствием модели гравитации, удовлетворяющей требованию строго соответствовать фундаментальным принципам, провозглашенным Ньютоновской схемой механики. Последняя, вследствие своей неполноты, может дать приближенное описание рассматриваемого явления, но не способна объяснить его физическую сущность.

**Взаимодействие между частицами обусловлено силами инерции, действующими на частицы при их движении по инерции по криволинейным траекториям.** Указанные движения представляют собой самые фундаментальные движения, ответственные за самоорганизацию материи. Силы инерции существенно отличаются, вообще говоря, от кулоновских сил, хотя имеются случаи, когда сила инерции отличается от кулоновской силы малыми поправками. При ускоренном движении по инерции (УДИ) могут происходить процессы преобразования массы частицы в индуцированную криволинейной инерцией среду (ИКИ-среду) и обратные процессы, которые вызывают изменение массы со временем. В инерциальной системе отсчета масса частицы может изменяться в широких пределах – от наименьшего значения в точках, отвечающих максимальной скорости частицы, до бесконечности в

точках поворота. Частица, совершающая УДИ, обладает собственным моментом импульса (спином), который, как и масса частицы, может изменяться со временем в широких пределах. Это означает, что в природе возможна симметрия, связывающая бозоны с фермионами, т.е. суперсимметрия.

*Ключевые слова:* закон всемирного тяготения, закон Кулона, криволинейные (ускоренные) движения по инерции, индуцированная криволинейной инерцией среда (ИКИ-среда), изменение массы и собственного момента импульса (спина) частицы со временем, ускоренные движения по инерции и суперсимметрия.

## 1. Введение

Работа посвящена рассмотрению фундаментальной проблемы, которую сформулировал Р. Фейнман [1]: «... со времени Ньютона и до наших дней **никто не мог описать механизм, скрытый за законом тяготения**, не повторив того, что уже сказал Ньютон, не усложнив математику или не предсказав явлений, которых на самом деле не существует. Так что до сих пор у нас нет иной модели для теории гравитации, кроме математической.»

Установление закона взаимодействия между частицами относится к числу наиболее важных и сложных задач механики и электродинамики. В механике взаимодействие между частицами принято рассматривать на основе закона всемирного тяготения, а в электродинамике – на основе закона Кулона, которые считаются фундаментальными физическими законами. Серьезный недостаток такого подхода заключается в том, что до сих пор не известны физические механизмы взаимодействия между частицами, описываемые указанными законами.

Ввиду того, что закон всемирного тяготения и закон Кулона характеризуются одинаковой функциональной зависимостью силы взаимодействия между телами от расстояния между ними, их можно рассматривать как единый кулоновский закон взаимодействия между телами, обладающими гравитационными зарядами (массами) или электрическими зарядами. В дальнейшем речь пойдет, главным образом, о законе всемирного тяготения, хотя все, что будет сказано о тяготении, нетрудно переформулировать на случай электрического поля.

Цель настоящей работы – раскрыть механизм взаимодействия между частицами, обладающими гравитационными и электрическими зарядами. Решение этой задачи осложняется тем, что до сих пор остаются неизвестными как физическая природа массы и электрического заряда, так и физический механизм порождения силовых полей зарядами частиц. Единственный способ решения задачи, имеющийся в нашем распоряжении, заключается в том, чтобы вникнуть в математическую схему, описывающую поле тяготения в классической механике, и проанализировать ее с точки зрения центральной проблемы физики – проблемы движения, исследовав те ограничения, которые налагаются на движение частиц и полей при выводе закона Кулона. Анализ общепринятых представлений о поле тяготения на основе законов движения позволит устранить заблуждения стандартной модели теории гравитации и раскрыть интересующий нас механизм взаимодействия.

Как следует из результатов исследований [2-15], серьезные трудности, испытываемые теоретической физикой, обусловлены неполнотой лежащих в ее основе физических представлений и неопределенностью многих основных физических понятий. Неполнота физической теории является следствием тех ограничений на движение материальных частиц и поведение полей, которые используются в исследованиях природных явлений на основании фундаментальных физических принципов. К последним относятся, в частности, принцип инерции Галилея, динамический принцип механики Ньютона, закон всемирного тяготения и др. Анализ показывает, что эти принципы нуждаются в радикальных изменениях: они не адекватны природе, поскольку не отражают физическую сущность явлений и процессов, происходящих в окружающем нас мире. Некоторые физические принципы, которыми физики руководствуются при изучении природы, оказываются шорами, сквозь которые исследователи смотрят на природу, пытаясь раскрыть ее тайны. Шоры, однако, не способствуют раскрытию истинного содержания явлений и процессов.

Задача физической науки состоит в том, чтобы объяснить физическую сущность явлений и процессов, выявить физические механизмы, лежащие в их основе. Чтобы раскрыть физическую сущность некоторой реальности, нужно, прежде всего, установить, согласуется ли вы-

бранный нами подход к изучению рассматриваемой реальности с законами диалектики, выявить ограничения на движение материи и устранить те из них, которые невозможно обосновать. Цель подобного анализа - отыскать математическую схему, пригодную для раскрытия истинного физического содержания изучаемой реальности. Ныне физика не интересуется физическим содержанием предмета исследования. Она ограничивается его описанием на основе некоторой математической схемы. Принято считать, что для построения физической теории достаточно использовать математически непротиворечивую схему, предложив для ее элементов подходящую физическую интерпретацию. Если предсказания теории, относящиеся к изучаемым явлениям и процессам, совпадают с опытными данными, то искомая теория считается построенной.

Описанный выше общепринятый подход к построению физической теории содержит принципиальную ошибку. Далеко не любая математическая схема (модель), какой бы совершенной она ни была с точки зрения математики, пригодна для описания физической реальности. Подходящей схемой (моделью) может быть лишь та, которая согласуется с законами диалектики. Согласно последним, любая физическая реальность представляет собой сосуществование противоположностей. Ее поведение и развитие определяется характером взаимоотношений между противоположностями. Если противоположности, составляющие некоторую структуру, характеризуются «дружественными» взаимоотношениями, т.е. находятся в согласии, в союзе между собой, содействуют выполнению стоящих за ними функций, а не направлены на противодействие друг другу, то развитие структуры в целом будет происходить по восходящей линии. Структура непрерывно развивается, совершенствуется, пополняется новыми составляющими и достигает состояния расцвета, в котором она может пребывать как угодно долго. В противном случае развитие идет по нисходящей линии, приводя к деградации и, в конечном счете, к самоуничтожению всей структуры. И чем сильнее противодействие между противоположностями, составляющими данную структуру, тем меньше продолжительность ее существования (время жизни). Принципиальный подход к теоретическим исследованиям в физике можно сформулировать так: для описания физических систем следует использовать лишь такие схемы и модели, которые согласуются с требованиями диалектики.

Имеется четкий критерий относительно того, может ли математическая схема описать и объяснить должным образом физическую реальность. Схема может быть пригодной с физической точки зрения, если в ней отсутствуют ограничения на движение материи (частиц и полей), противоречащие законам диалектики. Наличие подобных ограничений означает принципиальную неполноту схемы как физической теории, ее неспособность раскрыть в полной мере физическую сущность описываемых явлений и процессов. Если в данной схеме отсутствует диалектическая противоположность по отношению к некоторому элементу, содержащемуся в схеме, то подобная схема заведомо непригодна, так как она неизбежно исказит физическую картину поведения исследуемой системы по всем вопросам, касающимся указанного элемента и его противоположности.

Простейшим примером физически некорректной математической схемы является описание движений в механике Ньютона. Вынужденные ускоренные движения частицы принимаются в ней как единственно возможные движения частицы с ускорением. Из поля зрения выпадает огромный класс (континуум) движений, в которых действующая на частицу сила является не причиной ускорения частицы, а его следствием. Указанные выше ускоренные движения – вынужденные ускоренные движения и ускоренные движения по инерции – относятся к диалектическим противоположностям. Игнорирование одной из них неизбежно приводит к тому, что схема описания движения становится физически ущербной, поскольку она не способна описать движение частиц достаточно полно. Очевидно, что динамический принцип механики Ньютона, исключая из рассмотрения ускоренные движения по инерции, вступает в противоречие с законами диалектики.

В качестве второго примера непригодности математической схемы к описанию физических явлений можно привести квантовую электродинамику (КЭД) [2-5]. Как показывает анализ [12-15], трудности КЭД в принципе невозможно устранить, довольствуясь существующими ныне чисто формальными представлениями об электрическом заряде, глубоко укоренившимися в физике, и не вникая в физический механизм, скрытый за законом Кулона.

Перечислим основные результаты, изложенные в последующих разделах работы.

В разделе 2 обсуждаются особенности движения классических частиц в Ньютоновской схеме механики, обусловленные действием на частицы поля тяготения. С помощью теоремы Гаусса и уравнения Пуассона вычисляются напряженность и потенциал кулоновского поля, которое порождается точечной частицей, обладающей массой  $m$  и локализованной в начале координат некоторой инерциальной системы отсчета. Кулоновское поле обладает тем свойством, что оно не действует на частицу, которая его создает, но, по предположению, действует как заданное внешнее поле на соседние частицы.

В качестве измерительного прибора для измерения напряженности кулоновского поля используется пробная точечная частица массой  $m'$ , которая помещается в точку наблюдения поля, порождаемого частицей  $m$ . Силы, действующие на пробную частицу со стороны кулоновского поля исходной частицы и на исходную частицу со стороны кулоновского поля пробной частицы, можно рассчитать по стандартной формуле:  $\vec{F}' = m'\vec{G}$ , где  $\vec{F}'$  – сила, действующая на пробную частицу  $m'$ , помещенную в измеряемое кулоновское поле напряженностью  $\vec{G}$ . Как и ожидается, расчет приводит к силам, удовлетворяющим закону всемирного тяготения. Нужно, однако, учесть, что приведенная выше формула для силы справедлива лишь при условии, что кулоновское поле  $\vec{G}$  можно рассматривать как внешнее поле, т.е. как такое поле, которое не изменяется при внесении в него пробной точечной массы  $m'$ .

Анализ показывает, что кулоновское поле точечной частицы оказывается очень чувствительным: оно заметно искажается, если внести в него пробную точечную массу. Это видно из того, что результирующее кулоновское поле, порождаемое исходной и пробной частицами, существенно отличается от кулоновского поля исходной частицы. Внесение пробной частицы в измеряемое поле существенно изменяет также и физическую картину движения: исходная частица переходит из состояния покоя в состояние ускоренного движения, а пространство становится неизотропным и неоднородным в значительно большей степени, чем до процедуры измерения, поскольку вместо одной покоящейся частицы имеются теперь две частицы, исходная и пробная, перемещающиеся по криволинейным траекториям.

Следует подчеркнуть, что указанное выше предположение, касающееся поведения кулоновской силы точечной частицы, оказывается существенным в Ньютоновской схеме механики, так как его справедливость могла бы послужить обоснованием закона всемирного тяготения. Однако опытных данных, подтверждающих предположение, что кулоновское поле точечной частицы действует на соседние частицы как внешнее поле, не существует. Опыты Кавендиша подтверждают закон всемирного тяготения для макротел, удовлетворяющих требованию, чтобы создаваемые ими силовые поля обладали свойствами внешних полей. Но из этих опытов не следует, что закон всемирного тяготения справедлив и для точечных частиц, так что его экстраполирование на точечные частицы незаконно.

Как видно из результатов данной работы, кулоновское поле точечной частицы заметно искажается, если в область его действия внести измерительный прибор – пробную точечную частицу. Этот факт указывает с определенностью на то, что закон всемирного тяготения не может описывать взаимодействие между отдельными точечными частицами. И поэтому нет оснований ожидать, что возможно экспериментальное подтверждение закона всемирного тяготения для точечных частиц.

Физическое содержание полученных результатов состоит в том, что Ньютоновская схема механики, ввиду ее существенной неполноты, может дать приближенное описание рассматриваемого явления, но не способна объяснить его физическую сущность. Механизм взаимодействия между частицами, скрытый за законом всемирного тяготения, имеет формальный, абстрактный характер. За ним не стоит какое-либо реальное, физическое поле, которое можно было бы обнаружить на опыте. К модели, описывающей взаимодействие между частицами, в стандартном подходе предъявляется требование, имеющее «идеологическую» окраску: модель должна строго следовать предписаниям механики Ньютона. Динамический принцип механики провозглашает, что ускоренное движение частицы может происходить только при силовом воздействии на частицу со стороны окружения, т.е. внешнего поля. Руководствуясь динамическим принципом, естественно утверждать, что взаимодействие между частицами может быть обу-

словлено только силовым полем, обладающим свойствами внешнего поля, и принять, что порождаемое точечной частицей кулоновское поле, существование которого следует из теоремы Гаусса, действует на соседние частицы как внешнее поле. Так возникает абстрактная модель гравитации, приводящая к закону всемирного тяготения.

Модель тяготения, построенная на основе механики Ньютона, кажется безупречной: 1) она согласуется с динамическим принципом механики и 2) потенциал и напряженность кулоновского поля точечной частицы по своей форме таковы, что не возникает сомнений в правильности модели. Сомнение возникает, однако, при анализе модели, когда обнаруживается, что 1) из-за существования ускоренных движений частиц по инерции динамический принцип в схеме механики Ньютона ошибочен и 2) кулоновское поле точечной частицы не обладает свойствами внешнего поля.

Качественно новый подход к исследованию взаимодействия между частицами сформулирован в работах [6-15]. Он заключается в устранении ограничений (запретов) на движение частиц и полей, используемых в механике Ньютона. Ключевым пунктом является признание реальности ускоренных движений по инерции (УДИ) и учет того обстоятельства, что указанные движения представляют собой самые фундаментальные движения в природе, отвечающие за развитие материи путем ее самоорганизации [10,15].

Раздел 3 посвящен рассмотрению особенностей УДИ классической частицы. Сравниваются физические характеристики частицы в движущихся друг относительно друга инерциальных системах отсчета (ИСО)  $K$  и  $K'$ . Считается, что система отсчета  $K'$  движется относительно  $K$  со скоростью  $\vec{V}_0$ , причем в системе отсчета  $K'$  частица равномерно вращается по окружности со скоростью  $\vec{v}'$ ,  $v' = |\vec{v}'| = const$ ; для простоты принимается, что вектор скорости  $\vec{V}_0$  лежит в плоскости указанной окружности. В силу правила сложения скоростей, в ИСО  $K$  скорость частицы равна  $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}_0$ ,  $v = |\vec{v}| = v(t)$ .

Из условия УДИ следует, что в системе отсчета  $K'$  интегралами движения частицы являются масса частицы, модули импульса и силы инерции, кинетическая энергия, а также моменты импульса и силы инерции. В системе отсчета  $K$ , вследствие того, что скорость частицы  $v$  изменяется со временем, указанные выше характеристики частицы также изменяются со временем. Так, масса частицы принимает наименьшее значение, равное  $m'/2$ , при  $\vec{v}' = \vec{V}_0$  ( $m' = p_0 / v'$ ,  $p_0 = const$ ,  $m'$  – масса частицы в системе отсчета  $K'$ ) и становится бесконечно большой в точках поворота (при  $\vec{v}' = -\vec{V}_0$ ). Изменение массы частицы во времени обусловлено тем, что в системе отсчета  $K$  при ускоренном движении по инерции непрерывно происходят процессы преобразования массы частицы в **индуцированную криволинейной инерцией среду (ИКИ-среду)** и обратные процессы. Интервал изменения массы частицы, движущейся ускоренно по инерции, оказывается очень большим. Это означает, что процессы преобразования массы протекают весьма интенсивно. Указанные процессы приводят к физической неэквивалентности ИСО, движущихся друг относительно друга. Сохраняющейся величиной является полная энергия системы, состоящая из кинетической энергии частицы и энергии ИКИ-среды, порождаемой частицей. Траекторией движения частицы является незамкнутая кривая – трохоида.

В системе отсчета  $K$  сила инерции состоит из двух компонент, одна из которых пропорциональна скорости частицы (это реактивная сила инерции), а вторая пропорциональна ускорению. В системе отсчета  $K'$  реактивная компонента силы отсутствует вследствие сохранения массы частицы ( $m' = const$ ). Нужно подчеркнуть, что действующая на частицу сила инерции выступает не причиной, а следствием ускоренного движения частицы по инерции, т.е. сила инерции имеет кинематическое происхождение.

Поведение импульса частицы и силы инерции в окрестности точки поворота существенно отличается от поведения этих величин в окрестности точки, в которой масса частицы достигает минимума. В первой из указанных областей как вектор импульса, так и вектор силы инерции испытывают скачок в точке поворота. А во второй области импульс и сила инерции изменяются непрерывно. Имеется еще одно отличие: сила инерции в малой окрестности точки поворота направлена к точке поворота параллельно вектору скорости относительного движения

$\vec{V}_0$ , а во второй области сила инерции направлена к центру вихря перпендикулярно вектору  $\vec{V}_0$ . Указанные особенности поведения импульса и силы инерции обусловлены тем, что в точке поворота масса частицы становится бесконечно большой, а во второй области масса частицы конечна и достигает наименьшего значения.

В ИСО  $K$  собственные моменты импульса частицы, движущейся ускоренно по инерции, и действующей на частицу силы инерции изменяются со временем. Под собственным моментом импульса частицы мы понимаем момент импульса, вычисленный относительно центра вихря частицы. Величина моментов зависит от положения частицы на траектории движения. Так, в точке поворота  $\vec{S} = 0$ , а в точках, отвечающих минимальной массе частицы,  $\vec{S} = r' p_0 \vec{e}_z$ , где  $\vec{S}$  – собственный момент импульса,  $r'$  – расстояние частицы до центра вихря и  $\vec{e}_z$  – орт, перпендикулярный плоскости, в которой происходит движение частицы. Причем собственные моменты импульса частиц с  $v' > V_0$  и частиц с  $v' < V_0$  противоположны по направлению.

В квантовой механике собственный момент импульса частицы называют спиновым моментом (или просто спином). Согласно изложенному выше, классическая частица, движущаяся ускоренно по инерции, обладает спиновым моментом, который может изменяться со временем, а также изменяться при переходе из одной ИСО в другую. Так, в ИСО  $K'$  спиновый момент частицы  $\vec{S}'$  сохраняется во времени:  $\vec{S}' = S' \vec{e}_z$ ,  $S' = p_0 r' = const$ . Однако в ИСО  $K$  спиновый момент  $\vec{S} = S \vec{e}_z$  становится функцией времени, изменяясь от значения  $S = 0$  в точках поворота до максимального значения  $S = p_0 r' \equiv S_{max}$  в точках траектории движения, в которых скорость частицы достигает максимального значения. Указанное поведение спинового момента частицы обусловлено изменением со временем массы, которая при движении частицы по траектории изменяется в широких пределах.

На основании полученных результатов можно предположить, что **спин частицы не является следствием существования особых квантовых свойств материи**. Спин возникает автоматически при устранении неполноты классической механики путем включения криволинейных движений классических частиц по инерции в теоретическую схему. Естественно ожидать, что **микрочастицы могут иметь произвольные значения спинов, т.е. в природе имеет место суперсимметрия – симметрия, связывающая частицы-бозоны с частицами-фермионами**. Деление класса частиц на бозоны и фермионы является, по-видимому, следствием неполноты механики – следствием исключения из рассмотрения ускоренных (криволинейных) движений по инерции. Указанное деление частиц возникло в квантовой механике вследствие использования в ней математической схемы (модели), игнорирующей существование УДИ.

Приведена простая модель, свидетельствующая о том, что УДИ могут совершаться частицей и при прямолинейном движении. Такого рода движения могут представлять собой гармонические осцилляции частицы по инерции, происходящие между соседними точками поворота на траектории движения.

В разделе 4 исследуется поведение двух классических точечных частиц, которые движутся ускоренно по инерции в ИСО, движущихся друг относительно друга. Вычислены действующие на частицы силы инерции, ответственные за взаимодействие между частицами.

В системе центра масс ускоренное движение двух частиц с массами  $m_1$  и  $m_2$  по инерции происходит аналогично движению одной частицы, масса и радиус-вектор которой совпадают, соответственно, с приведенной массой  $\mu$  и вектором  $\vec{R}$ , где радиус-вектор  $\vec{R}$  описывает относительное движение частиц. Если скорость относительного движения частиц изменяется со временем, то приведенная масса и массы отдельных частиц также изменяются со временем, но отношение масс частиц сохраняется. Сохраняющейся величиной является также сумма полной кинетической энергии частиц и энергии ИКИ-среды, порождаемой частицами. Это значит, что движение двухчастичной системы по инерции происходит таким образом, что приращение полной кинетической энергии частиц компенсируется изменением энергии ИКИ-среды.

Действующие на частицы силы инерции являются центральными при  $R = const$ , либо

при  $\vec{L} = [\vec{R}, \mu \vec{V}] = const$ , где  $R = |\vec{R}|$ ,  $\vec{V} = \dot{\vec{R}}$ ,  $\vec{L}$  – момент импульса, описывающий относительное движение частиц. Расчет показывает, что при  $R = const$  и  $\dot{\phi}_R \neq 0$  ( $R$  и  $\phi_R$  – полярные координаты радиус-вектора  $\vec{R}$ ) радиальная компонента силы инерции  $\vec{F}_\mu$  ведет себя следующим образом:  $F_{\mu R} = -p_0 |\dot{\phi}_R|$ ,  $p_0 = const$ . Следовательно, если вращательное движение частицы является неравномерным, т.е.  $\dot{\phi}_R = \dot{\phi}_R(t)$ , то приведенная масса частицы  $\mu$ , модуль вектора скорости  $V$  и сила инерции  $\vec{F}_\mu$  изменяются со временем. Если траекторией движения частицы является эллипс с малым эксцентриситетом, то, как показывает расчет, сила инерции пропорциональна расстоянию между частицами  $R$ . Значит, при криволинейном движении частиц по инерции сила инерции  $\vec{F}_\mu$ , действующая на частицу двухчастичной системы, существенно отличается от кулоновской силы. Величина и направление силы  $\vec{F}_\mu$  зависят от формы траектории движения частицы, изменяясь со временем при перемещении частицы вдоль траектории.

Силы инерции, действующие в двухчастичной системе в ИСО, можно представить в виде суперпозиции двух компонент, которые мы обозначаем через  $\vec{F}_\mu$  и  $\vec{F}_m$ . Компонента  $\vec{F}_\mu$  определяется через относительную скорость движения частиц  $\vec{V}$  и приведенную массу  $\mu$ , а компонента  $\vec{F}_m$  – через скорость движения центра масс  $\vec{V}_C$  и полную массу системы  $m_1 + m_2 \equiv m$ . Компоненты силы инерции  $\vec{F}_\mu$  и  $\vec{F}_m$  описывают реакцию двухчастичной системы, соответственно, на относительное движение частиц и на движение центра масс.

Систему двух частиц, совершающую ускоренное движение по инерции, можно рассматривать как совокупность частицы с массой  $\mu$  ( $\mu$ -частица) и частицы с массой  $m$  ( $m$ -частица), между которыми имеется качественное различие.  $\mu$ -частица является нелокальной системой, состоящей из двух точечных частиц, отделенных друг от друга расстоянием  $R$  и вращающихся вокруг центра масс. Она характеризуется линейным размером  $R$  и испытывает действие равных по величине и направленных противоположно сил инерции  $\pm \vec{F}_\mu$ . А  $m$ -частица представляет собой точечную частицу, которая перемещается, испытывая действие силы инерции  $\vec{F}_m$ .

Элементарную работу, производимую силами инерции при перемещении частиц двухчастичной системы, можно представить в виде суммы двух компонент:  $dA = dA_\mu + dA_m$ ,

где  $dA_\mu = \vec{F}_\mu d\vec{R}$ ,  $dA_m = \vec{F}_m d\vec{R}_C$ ,  $\vec{R}$  и  $\vec{R}_C$  – радиус-векторы, описывающие, соответственно, относительное движение частиц и движение центра масс двухчастичной системы. Составляющие работы  $dA_\mu$  и  $dA_m$  имеют следующий смысл: первая дает работу, совершаемую силами инерции над частицами при их движении друг относительно друга в некоторой ИСО, а вторая – работу сил инерции в этой же системе отсчета, совершаемую при перемещении системы частиц как целого.

Из условия УДИ  $dA = 0$  выводятся соотношение, связывающее между собой импульсы  $\mu$ -частицы и  $m$ -частицы, и выражение для приведенной массы  $\mu$ . Характерная особенность системы двух частиц состоит в том, что величина ее приведенной массы определяется не только относительным движением частиц, но и движением центра масс системы. Рассмотрены УДИ в двухчастичной системе, которые сопровождаются процессами с перераспределением энергии между степенями свободы, отвечающими относительноному движению частиц, и степенями свободы, связанными с движением системы частиц как целого.

В Заключении формулируются основные результаты и выводы работы.

## 2. Механизм взаимодействия между классическими частицами, скрытый за законом всемирного тяготения

В работе [11] при исследовании кулоновского поля мы исходили из общепринятого представления о том, что закон всемирного тяготения (закон Кулона) справедлив для классических точечных частиц. На основании анализа условия совместности указанного закона с динамическим принципом механики было показано, что закон Кулона имеет место не для произвольных состояний движения частиц. Так, в частности, частицы, находящиеся в некоторой инерциальной системе отсчета (ИСО) в состоянии движения по инерции по Галилею, не подчиняются закону Кулона. Справедливо и обратное утверждение: частицы, взаимодействующие между собой по закону Кулона, не могут удовлетворять принципу инерции Галилея. В самом деле, если частицы подвергаются действию кулоновской силы, то отсюда следует, согласно динамическому принципу механики, что частицы находятся в состоянии вынужденного ускоренного движения.

Чтобы уточнить, какие ограничения на движение частиц приводят к закону Кулона, рассмотрим кулоновское поле, создаваемое отдельной точечной классической частицей, и вычислим силу, с которой это поле действует на соседние частицы. Для простоты ограничимся рассмотрением точечной массы, не имеющей электрического заряда.

В Ньютоновской схеме механики свободная классическая частица массой  $m$ ,  $m = const \neq 0$ , подчиняется принципу инерции Галилея, согласно которому в ИСО частица покоится или движется равномерно и прямолинейно до тех пор, пока на частицу не подействует внешняя сила. Под внешней силой  $\vec{F}$  понимается сила, действующая на частицу со стороны окружающих тел. В соответствии с динамическим принципом механики, который описывается уравнением движения  $m\vec{a} = \vec{F}$ , частица массой  $m$  может перемещаться в ИСО с ускорением  $\vec{a}$  только в результате действия на частицу внешней силы  $\vec{F}$  (причем  $\vec{a} = \vec{F} / m$ ). Представление о том, что причиной ускорения частицы может быть только внешняя сила, т.е. ускоренное движение частицы с необходимостью является вынужденным, имеет принципиальный характер – оно лежит в основе механики Ньютона.

Проанализируем те особенности движения классических частиц в механике Ньютона, которые обусловлены действием на частицы поля тяготения.

В соответствии с Ньютоновской схемой механики, тело, обладающее массой, порождает в окружающем пространстве силовое поле. Напряженность этого поля  $\vec{G} = \vec{G}(\vec{r})$  можно вычислить, используя теорему Гаусса в интегральной форме (a) или в дифференциальной форме (b):

$$\oint_S \vec{G}(\vec{r}) d\vec{S} = -4\pi\gamma m, \quad (a); \quad \vec{\nabla}_r \vec{G}(\vec{r}) = -4\pi\gamma\rho(\vec{r}), \quad (b). \quad (1)$$

Здесь в левой части равенства (a) стоит поток вектора напряженности поля  $\vec{G}$  через замкнутую поверхность  $S$ , которая охватывает тело массой  $m$ ;  $d\vec{S}$  – вектор элемента поверхности  $S$ ;  $\gamma = const$  – гравитационная постоянная. Если поверхность  $S$  охватывает все пространство, теорему Гаусса (a) можно преобразовать к дифференциальной форме (b), где  $\vec{\nabla}_r$  – оператор наблюдения,  $\rho = \rho(\vec{r})$  – плотность массы рассматриваемого тела.

Напряженность поля  $\vec{G}$  можно выразить через потенциал  $\phi = \phi(\vec{r})$ :  $\vec{G}(\vec{r}) = -\vec{\nabla}_r \phi(\vec{r})$ . Как видно из последнего равенства и формулы (b), потенциал поля  $\phi$  подчиняется уравнению Пуассона:

$$\vec{\nabla}_r^2 \phi(\vec{r}) = 4\pi\gamma\rho(\vec{r}). \quad (2)$$

Силовое поле, описываемое вектором напряженности  $\vec{G}(\vec{r})$  и потенциалом  $\phi(\vec{r})$ , называют кулоновским полем, которое порождается телом массой  $m$ . Согласно (1), плотность массы  $\rho$  выступает (с точностью до числового множителя  $\gamma$ ) в качестве стока вектора напряженности поля  $\vec{G}(\vec{r})$ . Теорему Гаусса (1) рассматривают как доказательство того, что масса тела  $m$  является

генератором кулоновского поля. Наличие постоянного множителя  $\gamma$  в правой части равенств (1) и (2) указывает на то, что приведенное выше определение кулоновского поля имеет феноменологический характер и, следовательно, может служить лишь для приближенного описания силового поля, порождаемого телом.

В качестве тела, порождающего кулоновское поле, рассмотрим точечную классическую частицу массой  $m$ , расположенную в начале координат некоторой ИСО  $K$ . В соответствии с уравнениями (1) и (2), в точке с радиус-вектором  $\vec{r}$  ( $\vec{r} \neq 0$ ) порождается силовое поле, потенциал  $\phi = \phi(\vec{r})$  и напряженность  $\vec{G} = \vec{G}(\vec{r})$  которого выражаются следующими равенствами (точку с радиус-вектором  $\vec{r}$  будем называть точкой наблюдения кулоновского поля, порождаемого исходной частицей):

$$\phi = -\gamma m / r, \quad \vec{G} = -\gamma m \vec{r} / r^3, \quad (3)$$

где  $r = |\vec{r}|$ . Область определения потенциала и напряженности поля (3) принято расширять с помощью равенства:

$$\bar{\nabla}_{\vec{r}}^2 (1/r) = -4\pi\delta(\vec{r}) \quad (4)$$

(см. [16], с.120), где  $\delta(\vec{r})$  –  $\delta$ -функция Дирака, определяющая плотность массы точечной частицы:  $\rho(\vec{r}) = m\delta(\vec{r})$ . Приведенное равенство представляет собой правило дифференцирования функций  $\phi = \phi(\vec{r})$  и  $\vec{G} = \vec{G}(\vec{r})$  (3) в окрестности точки  $\vec{r} = 0$ . Оно позволяет включить точку  $\vec{r} = 0$  в область определения потенциала и напряженности поля точечной частицы и тем самым обеспечивает справедливость теоремы Гаусса в дифференциальной форме (1b) и уравнения Пуассона (2). Силовое поле (3) представляет собой **кулоновское поле**, порождаемое точечной частицей массой  $m$ ,  $m = const$ , на расстоянии  $r$  от нее. Согласно (3), кулоновское поле точечной массы имеет вид бесконечно глубокой потенциальной ямы. Отметим, что соотношения (3), справедливые для точечной частицы, описывают также асимптотику кулоновского поля, создаваемого произвольным телом на больших расстояниях  $r$  от тела ( $r \gg L$ , где  $L$  – линейные размеры тела).

Чтобы измерить напряженность кулоновского поля, порождаемого точечной частицей, необходимо располагать измерительным прибором, в качестве которого естественно использовать простейший прибор – пробную точечную частицу. Если в точку наблюдения поля с напряженностью  $\vec{G} = \vec{G}(\vec{r})$ , порождаемого исходной частицей  $m$ , поместить пробную точечную частицу массой  $m'$ , на нее действует сила, равная

$$m' \vec{G}(\vec{r}) \equiv \vec{F}'(\vec{r}) = \vec{F}', \quad (5)$$

со стороны кулоновского поля исходной частицы. Равенство (5) следует из определения напряженности поля, которое справедливо при условии, что измеряемое кулоновское поле можно рассматривать как заданное внешнее поле. Напомним, что силовое поле является заданным внешним полем, если оно не искажается (не деформируется) при внесении в область его действия небольшой пробной частицы. Используя второе из соотношений (3) и равенство (5), получаем выражение для силы, действующей на пробную частицу:

$$\vec{F}' = m' \vec{G}(\vec{r}) = -\gamma (mm' / r^2) \vec{e}_{\vec{r}}, \quad \vec{e}_{\vec{r}} = \vec{r} / r. \quad (6)$$

Пробная точечная масса  $m'$ , использованная нами в качестве измерительного прибора, генерирует в окружающем пространстве, как и исходная точечная масса  $m$ , кулоновское поле, с которым следует обращаться точно так же, как и с кулоновским полем исходной частицы. Потенциал  $\phi' = \phi'(\vec{r}')$  и напряженность  $\vec{G}' = \vec{G}'(\vec{r}')$  кулоновского поля, порождаемого пробной частицей в точке наблюдения  $\vec{r}'$  ( $\vec{r}' \neq \vec{r}$ ,  $\vec{r}$  – радиус-вектор точки, в которую помещена пробная частица), выражаются соотношениями, аналогичными (3):

$$\phi'(\vec{r}') = -\gamma m' / |\vec{r}' - \vec{r}|, \quad \vec{G}'(\vec{r}') = -\bar{\nabla}_{\vec{r}'} \phi'(\vec{r}') = -\gamma m' (\vec{r}' - \vec{r}) / |\vec{r}' - \vec{r}|^3, \quad \vec{r} = const. \quad (7)$$

Принимая во внимание, что рассматриваемая нами исходная частица находится в состоянии покоя в начале координат ИСО  $K$ , получаем следующую формулу для силы, действующей со стороны кулоновского поля пробной частицы (измерительного прибора) на исходную частицу в

момент времени, отвечающий положению пробной частицы в точке наблюдения поля исходной частицы:

$$m\vec{G}'(0) = \gamma(mm'/r^2)\vec{e}_r \equiv \vec{F} = -\vec{F}' \quad (8)$$

Здесь учтено, в соответствии с (7), что напряженность поля в точке нахождения исходной частицы в указанный момент времени равна  $\vec{G}'(0)$ .

Как видно из (6) и (8), на исходную и пробную частицы действуют равные по величине силы, подчиняющиеся закону Кулона. Этот результат является следствием равенства (5), справедливого в предположении, что силовые поля, порождаемые исходной и пробной частицами, обладают свойствами заданных внешних полей по отношению к соседним частицам: поле исходной частицы – по отношению к пробной частице, а поле пробной частицы – по отношению к исходной.

В соответствии с требованием внутренней непротиворечивости механики, закон всемирного тяготения нужно рассматривать совместно с другими физическими принципами и, в частности, с динамическим принципом. Согласно последнему, исходная и пробная частицы обязаны подчиняться уравнениям движения:

$$m\vec{a} = \vec{F}, \quad m'\vec{a}' = \vec{F}', \quad (9)$$

где  $\vec{a}$  и  $\vec{a}'$  – ускорения исходной и пробной частиц в ИСО  $K$ ,  $\vec{F}$  и  $\vec{F}'$  – силы, действующие на частицы  $m$  и  $m'$ , соответственно. Заметим, прежде всего, что сила  $\vec{F}$ , действующая на исходную частицу, равна нулю до внесения пробной частицы в точку наблюдения поля исходной частицы, поскольку последняя находилась, как мы полагали, в состоянии покоя в начале координат ИСО  $K$ , и равна силе  $\vec{F}$ , выражаемой формулой (8), после того как пробная частица была внесена в поле исходной частицы. Как видно из (6), (8) и (9), действие кулоновского поля пробной частицы на исходную частицу не только не является слабым, но и существенно изменяет поведение самой исходной частицы. Действительно, внесение пробной частицы в точку наблюдения кулоновского поля исходной частицы вызывает переход последней из состояния покоя в состояние движения с ускорением  $\vec{a}$ ,  $\vec{a} \neq 0$ , определяемым согласно (9).

Если взаимодействующие между собой частицы двухчастичной системы образуют замкнутую систему, т.е. выполняется условие:  $\vec{F} = -\vec{F}'$ , и массы частиц не изменяются со временем, то из уравнений движения (9) следует равенство

$$\vec{a} = -(m'/m)\vec{a}', \quad (10)$$

из которого видно, что каждая из рассматриваемых частиц перемещается с ускорением. Если же  $\vec{a} = 0$ ,  $\vec{a}' = 0$ , то, в силу (9) и (10), частицы не взаимодействуют между собой. Следовательно, частицы, находящиеся в состоянии движения по инерции по Галилею, не могут подчиняться закону всемирного тяготения [11].

Обратим внимание на следующее обстоятельство, описанное выше. Мы рассматриваем точечную классическую частицу, которая покоится в начале координат ИСО  $K$  и порождает, в соответствии с теоремой Гаусса, кулоновское поле. Если внести пробную точечную частицу в точку наблюдения поля, порождаемого исходной частицей, то исходная частица, под действием кулоновского поля пробной частицы, переходит в состояние движения с ускорением  $\vec{a}$ . С другой стороны, пробная частица, испытывая действие кулоновского поля исходной частицы, приобретает ускорение  $\vec{a}'$ . Так образуется связанное состояние двух частиц, исходной и пробной, обусловленное действием кулоновских сил. Иными словами, в результате действия кулоновских сил свободные частицы из состояния движения по инерции по Галилею переходят в связанное состояние частиц, которые подчиняются закону всемирного тяготения и движутся с ускорениями, удовлетворяющими равенству (10). Отсюда следует важный вывод: принципу инерции Галилея может подчиняться лишь одна-единственная свободная точечная частица. Если к этой частице присоединить одну или несколько точечных частиц, то под действием порождаемых ими кулоновских полей образуются связанные состояния частиц, которые движутся с ускорениями.

Таким образом, если свободные точечные частицы способны порождать кулоновские поля в соответствии с теоремой Гаусса (1), то их воздействие на соседние частицы вызывает

переход частиц из состояний движения по инерции по Галилею в состояния вынужденного ускоренного движения. Нужно подчеркнуть также, что пробная точечная частица, использованная нами в качестве прибора для измерения кулоновского поля исходной частицы, сама порождает кулоновское поле, которое накладывается на кулоновское поле исходной частицы, тем самым искажая его, и существенно изменяет состояние движения исходной частицы.

В связи с изложенным выше возникает вопрос: можно ли рассматривать силовые поля, порождаемые точечными частицами, как заданные внешние поля? Чтобы ответить на этот вопрос, достаточно найти результирующее поле, генерируемое исходной и пробной частицами. Согласно принципу суперпозиции, указанное силовое поле, возникающее при наложении кулоновских полей исходной частицы массой  $m$  (см. равенства (3)) и пробной частицы массой  $m'$  (см. равенства (7)), описывается в точке наблюдения с радиус-вектором  $\vec{r}'$  ( $\vec{r}' \neq \vec{r}$ ,  $\vec{r} \neq 0$ ) потенциалом  $\tilde{\phi} = \tilde{\phi}(\vec{r}')$  и напряженностью  $\vec{G} = \vec{G}(\vec{r}')$ :

$$\tilde{\phi}(\vec{r}') = -\gamma m / r' - \gamma m' / |\vec{r}' - \vec{r}|, \quad \vec{G}(\vec{r}') = -\gamma m \vec{r}' / r'^3 - \gamma m' (\vec{r}' - \vec{r}) / |\vec{r}' - \vec{r}|^3. \quad (11)$$

Как видно из сравнения (11) с (3) и (7), результирующее поле, возникающее при наложении кулоновских полей исходной и пробной частиц, существенно отличается от каждого из складываемых полей. Так, при  $\vec{r}' = \vec{r} + \vec{\Delta}$ ,  $|\vec{\Delta}| = \Delta \ll r$  потенциал  $\tilde{\phi}(\vec{r}')$  можно записать в виде:  $\tilde{\phi}(\vec{r}') = -\gamma m / r - \gamma m' / \Delta$ . Это выражение отличается от потенциала  $\phi$  (3) слагаемым  $-\gamma m' / \Delta$ , которое расходуется при  $\Delta \rightarrow 0$ . Отсюда следует принципиальный вывод: напряженность кулоновского поля отдельной точечной частицы невозможно определить опытным путем, используя пробную точечную частицу в качестве измерительного прибора. Это обусловлено тем, что при внесении точечного прибора в область действия поля, подвергающегося процедуре измерения, на кулоновское поле исходной частицы накладывается кулоновское поле пробной точечной частицы, которое существенно искажает (деформирует) измеряемое поле. Значит, кулоновское поле (3), порождаемое точечной частицей, нельзя рассматривать как внешнее поле. По этой причине формула (5) не может служить для определения силы, действующей на пробную точечную частицу со стороны кулоновского поля исходной частицы. Указанная формула верна лишь при условии, что измеряемое поле является внешним, т.е. не изменяется, если внести в область его действия измерительный прибор.

На первый взгляд, сделанные выше выводы, касающиеся кулоновского поля точечной частицы (3), кажутся совершенно абсурдными, особенно ввиду того, что они противоречат общепринятой точке зрения, согласно которой из выражений (3) для кулоновского поля точечной частицы следует справедливость закона Кулона (см. равенства (6) и (8)). Суть дела состоит, однако, в том, что закон Кулона подтвержден на опыте (опыты Кавендиша) только для макротел, кулоновское поле которых ведет себя как внешнее поле. И нет никаких оснований полагать, что этот закон справедлив и для точечных частиц. Как показано выше, при внесении измерительного прибора в поле исходной точечной частицы образуется результирующее кулоновское поле, в котором кулоновские поля измерительного прибора и исходной частицы перепутываются столь сильно, что однозначно выделить из них кулоновское поле, подлежащее измерению, не представляется возможным.

В силу изложенного, для решения интересующей нас проблемы нужно рассмотреть случай, когда классическая точечная частица не закреплена в некоторой точке ИСО, а движется по траектории с ускорением. Помимо этого, следует принять во внимание, что измерительный прибор в виде точечной частицы может вызвать заметное искажение (деформирование) измеряемого кулоновского поля. Потенциал  $\phi_i = \phi_i(\vec{r} - \vec{r}_i)$  и напряженность  $\vec{G}_i = \vec{G}_i(\vec{r} - \vec{r}_i)$  кулоновского поля, порождаемого частицей массой  $m_i$ ,  $m_i = const$ , в точке наблюдения  $\vec{r}$ ,  $\vec{r} \neq \vec{r}_i$ , можно представить в форме (ср. с (7)):

$$\phi_i(\vec{r} - \vec{r}_i) = -\gamma m_i / |\vec{r} - \vec{r}_i|, \quad \vec{G}_i(\vec{r} - \vec{r}_i) = -\vec{\nabla}_r \phi_i(\vec{r} - \vec{r}_i) = -\gamma m_i (\vec{r} - \vec{r}_i) / |\vec{r} - \vec{r}_i|^3, \quad i = 1, 2, \quad (12)$$

где радиус-вектор  $\vec{r}_i = \vec{r}_i(t)$  определяет положение частицы  $m_i$  на траектории движения в момент времени  $t$ .

Если в точку наблюдения кулоновского поля, порождаемого частицей массой  $m_1$ , помещена пробная частица массой  $m_2$  и силы  $\vec{F}_{21}$  и  $\vec{F}_{12}$ , с которыми кулоновские поля действуют на частицы  $m_2$  и  $m_1$ , соответственно, определить согласно общепринятому определению напряженности (см. (5)), полагая, что  $m_1, m_2 = const$ , то получаем следующие выражения для сил:

$$\vec{F}_{21} = m_2 \vec{G}_1(\vec{r}_2(t) - \vec{r}_1(t)), \quad \vec{F}_{12} = m_1 \vec{G}_2(\vec{r}_1(t) - \vec{r}_2(t)). \quad (13)$$

С помощью равенств (12), (13) и уравнений движения в механике Ньютона:  $m_1 \ddot{\vec{r}}_1 = \vec{F}_{12}$ ,  $m_2 \ddot{\vec{r}}_2 = \vec{F}_{21}$ , нетрудно вывести закон Кулона  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} = -\gamma m_1 m_2 \vec{r} / r^3$  и соотношения:

$$\ddot{\vec{r}}_1 = -(m_2 / m_1) \ddot{\vec{r}}_2, \quad \ddot{\vec{r}}_1 = \vec{G}_2(\vec{r}(t)), \quad \ddot{\vec{r}}_2 = \vec{G}_1(-\vec{r}(t)), \quad (14)$$

где  $\vec{r} = \vec{r}_1(t) - \vec{r}_2(t) \equiv \vec{r}(t)$ . Используя радиус-вектор  $\vec{r} = \vec{r}(t)$ , описывающий относительное движение частиц, и радиус-вектор центра масс  $\vec{R} = (m_1 \vec{r}_1(t) + m_2 \vec{r}_2(t)) / (m_1 + m_2) \equiv \vec{R}(t)$ , приходим к уравнениям относительного движения и движения центра масс:  $\mu \ddot{\vec{r}} = \vec{F}_{12}$  и  $\ddot{\vec{R}} = 0$ , где  $\mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$  – приведенная масса двух частиц.

Как видим, если при описании двухчастичной системы придерживаться стандартной схемы механики, то приходим к кулоновским полям, которые порождаются точечными частицами, и к закону Кулона для действующих на частицы сил. Ускорения частиц связаны между собой и с напряженностями кулоновских полей равенствами (14). Согласно последним, при измерении напряженности кулоновского поля, создаваемого исходной частицей, пробная ( $m_2$ ) и исходная ( $m_1$ ) частицы приобретают ускорения, причем ускорение исходной частицы определяется ускорением пробной частицы и отношением масс частиц, т.е. существенно зависит от пробной частицы. Используя соотношения (12), легко убедиться в том, что суперпозиция кулоновских полей исходной и пробной частиц в точке наблюдения  $\vec{r}$ , определяемая напряженностью  $\vec{G}_1(\vec{r} - \vec{r}_1) + \vec{G}_2(\vec{r} - \vec{r}_2)$ , заметно отличается от кулоновского поля каждой из частиц.

Отсюда следует важный вывод: кулоновское поле точечной частицы нельзя рассматривать как заданное внешнее поле, поскольку результирующее кулоновское поле, возникающее при добавлении пробной точечной частицы к рассматриваемой частице, существенно отличается от кулоновского поля исходной частицы. Используя стандартный метод измерения с помощью пробных частиц, напряженность кулоновского поля точечной частицы невозможно измерить, т.к. невозможно отделить кулоновское поле исходной частицы от кулоновского поля пробной частицы. Причина состоит в том, что кулоновские поля, порождаемые отдельными частицами, существенно искажаются, деформируются при всякой попытке осуществить процедуру их измерения методом пробных точечных частиц. При внесении пробной точечной частицы в область действия исследуемой точечной частицы происходит сильное возмущение как состояний движения обеих частиц, так и создаваемых ими кулоновских полей. Указанное возмущение вызывает переход свободных частиц, удовлетворяющих принципу инерции Галилея, в связанное состояние частиц, совершающих вынужденное ускоренное движение.

Вычислим работу  $dA$ , совершаемую кулоновскими силами, действующими в двухчастичной системе, над частицами при их перемещении по траекториям  $\vec{r}_i = \vec{r}_i(t)$  ( $i=1,2$ ). Используя равенства (13), в которых  $m_i = const$ ,  $i=1,2$ , получаем:

$$dA = \vec{F}_{12} d\vec{r}_1 + \vec{F}_{21} d\vec{r}_2 = \vec{F}_{12} d(\vec{r}_1 - \vec{r}_2) = dK = -dU, \quad K = \mu \vec{v}^2 / 2, \quad U = -\gamma m_1 m_2 / r, \quad (15)$$

где  $K$  – кинетическая энергия системы двух частиц,  $\vec{v} = \dot{\vec{r}}$ ,  $\vec{r} = \vec{r}_1(t) - \vec{r}_2(t)$ ,  $r = |\vec{r}|$ . Величина  $U$  в (15) является энергией взаимодействия частиц с массами  $m_1$  и  $m_2$ , разделенных расстоянием  $r$ , которое изменяется со временем. Потенциалы кулоновских полей отдельных частиц можно выразить через  $U$  равенствами (см. (12) и (15)):

$$\phi_1(r) = U / m_2, \quad \phi_2(r) = U / m_1, \quad r = |\vec{r}_1(t) - \vec{r}_2(t)|. \quad (16)$$

Величина  $U$  представляет собой энергию кулоновского поля, существование которого вытекает из теоремы Гаусса при рассмотрении двухчастичной системы в стандартной схеме механики.

Как следует из (15), кулоновское поле совершает работу по перемещению частиц. Из этого поля черпается энергия, необходимая частицам при их ускоренном движении для совершения работы. Очевидно, что в отсутствие кулоновского поля взаимодействие между частицами в двух-частичной системе не могло бы произойти. Как отмечалось ранее, массу частицы принято рассматривать как генератор кулоновского поля. Из соотношений (15) и (16) и из того, что в правую часть теоремы Гаусса (1) входит величина  $\gamma m$ , видно, что генератором силового поля следовало бы считать не массу частицы  $m$ , а величину  $\gamma m$ . В самом деле, в силу (15) и (16) при  $\gamma = 0$  оказывается пустым резервуар энергии, необходимой частицам для совершения работы ( $U = 0$ ), и поэтому кулоновское поле не возникает:  $\phi_1 = 0$ ,  $\phi_2 = 0$ .

Отметим, что в силу (15)

$$dA = 0 \text{ при } r = \text{const} \text{ и } \omega = v/r = \text{const}. \quad (17)$$

Согласно (17), движение системы двух частиц, связанных между собой кулоновскими силами, происходит без энергетических затрат при условии, что фиктивная частица массой  $\mu$ , отвечающая рассматриваемой системе, равномерно вращается по окружности с угловой скоростью  $\omega$ . Однако кулоновская сила, определяемая как  $\vec{F}_{12} = -\vec{\nabla}U$ , теряет смысл при переходе к пределу  $r = \text{const}$ .

Согласно (15) и (16), частицы, испытывающие действие кулоновских сил, существенно отличаются по своим физическим свойствам от свободных, невозмущенных частиц. Основное отличие состоит в том, что свободные частицы подчиняются принципу инерции Галилея, а частицы, подчиняющиеся закону всемирного тяготения, совершают ускоренное движение, расходуя энергию, предоставляемую им внешним полем, на перемещение в пространстве.

Как видно из проведенного выше анализа, введение пробной частицы в область действия поля отдельной частицы сильно искажает, деформирует исследуемое кулоновское поле и существенно изменяет состояние движения исследуемой частицы. Попытка измерить кулоновское поле отдельной частицы вызывает качественные изменения в системе двух частиц: свободные частицы переходят в связанное состояние и приобретают ускорения, подчиняющиеся равенствам (14). Упомянутое связанное состояние системы двух частиц характеризуется тем, что результирующее кулоновское поле системы существенно отличается от кулоновских полей отдельных частиц, составляющих систему.

Изложенное выше позволяет заключить, что взаимодействие между отдельными точечными частицами не может описываться законом Кулона. Опыты Кавендиша, подтвердившие закон Кулона, относятся только к макротелам, которые генерируют силовые поля, относящиеся к типу заданных внешних полей. В общепринятом подходе кулоновские силы рассматриваются в рамках стандартной схемы механики на основе предположения о том, что кулоновские поля отдельных частиц обладают свойствами заданных внешних полей. Это предположение, как показано выше, не выполняется, что делает необоснованным применение закона всемирного тяготения к взаимодействующим между собой отдельным точечным частицам. Использование закона Кулона для описания взаимодействия между отдельными частицами является, таким образом, серьезной ошибкой.

Подводя итог поискам механизма, скрытого за законом Кулона, разьясим подробнее физическое содержание полученных результатов.

Согласно изложенному выше, внешнее поле в виде кулоновской потенциальной ямы возникает как следствие теоремы Гаусса – в результате приложения стандартной схемы механики к исследованию взаимодействия между частицами. Роль внешнего поля при описании взаимодействия частиц сводится к тому, чтобы обеспечить частицы энергией, требующейся для совершения работы при ускоренном движении частиц. Как разьяснялось в [11], Ньютонская механика, ввиду ее существенной неполноты, не способна раскрыть физическую сущность рассматриваемого явления, она может дать схематически лишь его приближенное описание. В качестве одного из основных элементов схемы выступает внешнее поле, которое необходимо для того, чтобы получить требуемое описание и обеспечить его непротиворечивость. Но кулоновское поле, порождаемое точечной частицей, не обладает свойствами внешнего поля. В используемой при описании математической схеме уделяется внимание лишь соблюдению формаль-

ной непротиворечивости теории. Из поля зрения совершенно выпадают физические механизмы взаимодействия. Поскольку закон Кулона описывает взаимодействие между частицами чисто формально, не проникая в механизм взаимодействия и не объясняя его с точки зрения происходящих между частицами физических процессов, то это значит, что **за законом Кулона не стоит какое-либо реальное, физическое поле, действующее на точечные частицы, которое можно было бы обнаружить опытным путем.**

Единственное требование, которое накладывается в стандартном подходе на модель, описывающую взаимодействие между частицами, состоит в том, чтобы модель была в строгом согласии с Ньютоновской схемой механики. Поскольку в механике Ньютона ускоренное движение частицы может вызвать только силовое воздействие со стороны окружающих частиц, т.е. внешняя сила, то необходимым элементом модели, описывающей взаимодействие частиц, является внешнее поле. Можно сказать, что **внешнее поле появляется в теории по «идеологическим» соображениям**, с тем чтобы удовлетворить динамический принцип механики Ньютона, согласно которому действие внешних сил рассматривается как необходимое условие ускоренного движения частицы.

Простейший способ описания взаимодействия между частицами, согласующийся с механикой Ньютона, получается при условии, что кулоновское поле частицы действует как заданное внешнее поле на соседние частицы. Если это условие выполняется, то имеют место соотношения (13)–(16), из которых следует, что справедлив закон Кулона для взаимодействующих частиц и энергия внешнего поля имеет кулоновский вид:  $U \sim 1/r$ . Оказывается, однако, что **опытным путем невозможно проверить справедливость закона Кулона для отдельных точечных частиц из-за сильного возмущения, которое испытывают при проведении процедуры измерения как кулоновские поля пробной и исследуемой частиц, так и состояния движения самих частиц.**

Следует подчеркнуть, что из результирующего поля, отвечающего суперпозиции кулоновских полей, порождаемых пробной и исследуемой частицами, невозможно выделить однозначно вклад кулоновского поля частицы, подвергающейся процедуре измерения. Это обусловлено сильным перепутыванием кулоновских полей обеих частиц, которое возникает из-за того, что состояние движения каждой частицы существенно зависит от кулоновского поля ее партнера - другой частицы. По этой причине невозможно измерить напряженность кулоновского поля отдельной частицы, выделив его из результирующего кулоновского поля. Это делает необоснованным использование закона всемирного тяготения в качестве основы для описания взаимодействия между частицами.

На основании изложенного можно утверждать, что **кулоновское поле не является реальным, физическим полем. Это фиктивное, воображаемое поле, которое возникает чисто формально, вследствие использования в механике абстрактной, математической модели без надлежащего обоснования.**

Из закона всемирного тяготения и динамического принципа в механике Ньютона видно, что взаимодействие между частицами приводит к ускоренному движению частиц. С одной стороны, в механике Ньютона ускоренное движение частиц трактуется как вынужденное движение, происходящее под действием внешней силы. Но, с другой стороны, как показывают результаты данной работы, кулоновское поле не обладает свойствами заданного внешнего поля. Возникает коллизия, указывающая на то, что истинный механизм взаимодействия между частицами нужно искать на совершенно ином пути – на пути отказа от принципов механики Ньютона. Необходимо найти качественно новый подход к описанию взаимодействующих частиц. Такого рода подход сформулирован в работах [6-15]. Он заключается в глубоком проникновении в центральную проблему физики – проблему движения частиц и полей. При рассмотрении сил тяготения нужно снять ограничения, налагаемые на движение частиц принципом инерции Галилея и динамическим принципом, и исследовать реальное взаимодействие между частицами, которое вызывается ускоренными движениями частиц по инерции.

### **3. Ускоренное движение по инерции классической частицы: импульс, сила инерции и их моменты**

Рассмотрим физические характеристики классической точечной частицы  $A$ , соверша-

ющей ускоренное движение по инерции в движущихся друг относительно друга ИСО  $K$  и  $K'$ . Для простоты считаем, что 1) оси декартовых координат, связанных с системой отсчета  $K$ , параллельны соответствующим осям в системе отсчета  $K'$ ; 2) движение частицы  $A$  происходит в плоскостях  $xu$  и  $x'y'$ , которые совпадают; 3)  $\overline{OO'} = \vec{R}_0 = \vec{V}_0 t$ ,  $O$  и  $O'$  – начала координат систем отсчета  $K$  и  $K'$ ,  $\vec{R}_0$  – радиус-вектор точки  $O'$  в системе отсчета  $K$ ,  $\vec{V}_0 = const$  – скорость системы отсчета  $K'$  относительно  $K$ . Радиус-векторы  $\vec{r}$  и  $\vec{r}'$  и векторы скорости  $\vec{v} = \dot{\vec{r}}$  и  $\vec{v}' = \dot{\vec{r}'}$  частицы  $A$  в системах отсчета  $K$  и  $K'$  связаны между собой равенствами

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{R}_0, \quad \vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}_0. \quad (18)$$

Полагаем, что в системе отсчета  $K'$  частица  $A$  движется по окружности с центром в точке  $O'$ . Используя полярные координаты, запишем векторы  $\vec{r}, \vec{r}', \vec{V}_0, \vec{v}'$  в виде:

$$\begin{aligned} \vec{r} &= r\vec{e}_r, \quad \vec{e}_r = (\cos\phi, \sin\phi), \quad \dot{\vec{e}}_r = \dot{\phi}\vec{e}_\phi, \quad \vec{e}_\phi = (-\sin\phi, \cos\phi), \\ \vec{r}' &= r'\vec{e}_{r'}, \quad \vec{e}_{r'} = (\cos\phi', \sin\phi'), \quad \phi' = \omega't + \phi'_0, \quad \vec{V}_0 = V_0\vec{e}_0, \quad \vec{e}_0 = (\cos\phi_0, \sin\phi_0), \\ \vec{v}' &= v'\vec{e}_{\phi'}, \quad v' = \omega'r', \quad \dot{\vec{e}}_{r'} = \dot{\phi}'\vec{e}_{\phi'}, \quad \vec{e}_{\phi'} = (-\sin\phi', \cos\phi'). \end{aligned} \quad (19)$$

Считаем, что в соотношениях (19)  $r', \omega', \phi_0, \phi'_0 = const$ ,  $\vec{e}_0 = const$  – орт вектора  $\vec{V}_0$ .

Условие ускоренного движения частицы по инерции в системе отсчета  $K'$  выражается равенством:

$$dA' = \vec{F}'d\vec{r}' = 0, \quad (20)$$

где  $dA'$  – работа, совершаемая силой инерции  $\vec{F}'$  над частицей при ее перемещении на участке  $d\vec{r}'$  траектории движения,  $\vec{F}' = d\vec{p}'/dt$  – действующая на частицу сила инерции,  $\vec{p}' = m'\vec{v}'$  – импульс частицы массой  $m'$ . Из равенства (20), которое должно выполняться на произвольном участке траектории  $d\vec{r}'$ , получаем:  $\vec{v}'d(m'|\vec{v}'|) = v'd(m'v') = 0$ ,  $v' = |\vec{v}'|$ . Следовательно, условие (20) приводит к соотношению:

$$|\vec{p}'| = m'|\vec{v}'| \equiv p'_0 = const, \quad (21)$$

из которого вытекает следующее выражение для массы частицы в системе отсчета  $K'$ :

$$m' = p'_0 / v'. \quad (22)$$

Поскольку в рассматриваемой здесь задаче  $v' = const$ , масса частицы постоянна:  $m' = const$ .

Вычислим другие физические характеристики частицы в системе отсчета  $K'$ : кинетическую энергию  $T' = \vec{p}'^2 / (2m')$ , ускорение  $\vec{a}' = \dot{\vec{v}'}$ , действующую на частицу силу инерции  $\vec{F}'$ , а также момент импульса  $\vec{L}' = [\vec{r}', \vec{p}']$  и момент силы  $\vec{M}' = [\vec{r}', \vec{F}']$  относительно начала координат. Учитывая равенства (см.(19)):  $\vec{v}' = v'\vec{e}_{\phi'} = \omega'r'[\vec{e}_z, \vec{e}_{r'}] = [\vec{\omega}', \vec{r}']$ ,  $\vec{\omega}' = \omega'\vec{e}_z$ , где  $\vec{e}_z$  – орт, направленный перпендикулярно к плоскости  $xu$  и образующий вместе с ортами  $\vec{e}_{r'}$  и  $\vec{e}_{\phi'}$  правовинтовую систему координат, получаем:

$$\begin{aligned} T' &= p'_0 v' / 2, \quad \vec{a}' = [\vec{\omega}', \dot{\vec{r}'}] = [\vec{\omega}'[\vec{\omega}', \vec{r}']] = -\omega'^2 \vec{r}', \quad \vec{F}' = m'\dot{\vec{v}'} = -m'\omega'^2 \vec{r}' = m'\vec{a}', \\ \vec{L}' &= m'[\vec{r}'[\vec{\omega}', \vec{r}']] = m'r'^2 \vec{\omega}' = m'v'r'\vec{e}_z = p'_0 r'\vec{e}_z = const, \quad \vec{M}' = d\vec{L}'/dt = 0. \end{aligned} \quad (23)$$

Ввиду  $\dot{m}' = 0$ , величину  $dA'$  (20) можно представить в виде:  $dA' = dT' = 0$ . Как видим, в рассматриваемой задаче в системе отсчета  $K'$  сохраняются масса частицы, модули импульса и силы инерции, кинетическая энергия, а также момент импульса и момент силы.

Перейдем к рассмотрению движения частицы  $A$  в системе отсчета  $K$ , относительно которой система отсчета  $K'$  движется со скоростью  $\vec{V}_0 = const$ .

Вектор скорости  $\vec{V}_0$  удобно представить в виде разложения по ортогональной системе ортов  $\vec{e}_{r'}, \vec{e}_{\phi'}$ , определяющих радиус-вектор  $\vec{r}'$  и вектор скорости  $\vec{v}'$  (см. (19)). Указанное разложение имеет следующий вид:  $\vec{V}_0 = V_0\vec{e}_0 = V_{0r'}\vec{e}_{r'} + V_{0\phi'}\vec{e}_{\phi'}$ , где коэффициенты разложения опре-

деляются формулами:  $V_{0r'} = \vec{e}_r \vec{V}_0$ ,  $V_{0\phi'} = \vec{e}_\phi \vec{V}_0$ . Приведем окончательную формулу:

$$\vec{V}_0 = V_0 \cos(\phi' - \phi_0) \vec{e}_{r'} - V_0 \sin(\phi' - \phi_0) \vec{e}_{\phi'} . \quad (24)$$

Условие непротиворечивости последней формулы состоит в том, что, хотя коэффициенты разложения вектора  $\vec{V}_0$  и орты  $\vec{e}_{r'}$ ,  $\vec{e}_{\phi'}$  изменяются со временем, должно выполняться равенство:

$\vec{V}_0 = const$ . Нетрудно убедиться в том, что последнее равенство выполняется, причем правая часть равенства (24) совпадает с  $V_0 \vec{e}_0$ . В силу (18), (19) и (24) вектор скорости частицы в системе отсчета  $K$  можно записать в следующей простой форме:

$$\vec{v} = a \vec{e}_{\phi'} + b \vec{e}_{r'}, \quad a = v' - V_0 \sin(\phi' - \phi_0), \quad b = V_0 \cos(\phi' - \phi_0), \quad v^2 = a^2 + b^2 . \quad (25)$$

Легко проверить, что первое из равенств (25) совпадает, как и должно быть, с правилом сложения скоростей (см. (18)). Далее будут использоваться равенства, следующие из (25):

$$\dot{a} = -V_0 \omega' \cos(\phi' - \phi_0) = -\omega' b, \quad \dot{b} = -V_0 \omega' \sin(\phi' - \phi_0) = -\omega' (v' - a), \quad v' = r' \omega' . \quad (26)$$

В системе отсчета  $K$  на частицу с импульсом  $\vec{p} = m \vec{v}$  действует сила инерции  $\vec{F} = d\vec{p} / dt$ . Из условия ускоренного движения по инерции  $dA = \vec{F} d\vec{r} = \vec{v} d\vec{p} = 0$  выводим выражение для массы частицы в указанной системе отсчета (см. (18) и (25)):

$$mv \equiv p_0 = const, \quad m = p_0 / v, \quad v = |\vec{v}' + \vec{V}_0| = \sqrt{a^2 + b^2} . \quad (27)$$

В силу того, что при  $\vec{V}_0 = 0$  системы отсчета  $K$  и  $K'$  совпадают, имеет место равенство:  $p_0 = p'_0$  (см. (22) и (27)). Согласно (18), (25) и (27), в системе отсчета  $K$  масса частицы изменяется со временем. Масса частицы принимает наименьшее значение при  $\vec{v}' = \vec{V}_0$  и становится бесконечно большой в точках поворота (точках остановки), в которых  $\vec{v}' + \vec{V}_0 = 0$ , т.е. при  $a = 0$ ,  $b = 0$ . В силу (25) в точках поворота  $v' = |\vec{V}_0|$ , причем  $\phi' - \phi_0 = +\pi / 2 + 2\pi n$ ,  $n = 0, \pm 1, \dots$ , если  $V_0 > 0$ , и  $\phi' - \phi_0 = -\pi / 2 + 2\pi n$ ,  $n = 0, \pm 1, \dots$ , если  $V_0 < 0$ . Для определенности ограничимся далее рассмотрением случая  $V_0 > 0$ . В системе отсчета  $K$  условие ускоренного движения по инерции можно записать в виде:  $dA = dT + d\tilde{T} = 0$ , где  $T = \vec{p}^2 / (2m)$  – кинетическая энергия частицы,  $\tilde{T} = -T + p_0 v_m / 2$  – энергия ИКИ-среды, порождаемой частицей,  $v_m = 2v'$  – максимальная скорость частицы в системе отсчета  $K$  (см. [14]). Следовательно, в указанной системе отсчета кинетическая энергия частицы не сохраняется. Сохраняющейся величиной является полная энергия системы, состоящая из кинетической энергии частицы и энергии ИКИ-среды, порождаемой частицей:  $T + \tilde{T} = const$ .

Обозначим через  $t_n^*$  моменты времени, в которые вектор скорости частицы  $\vec{v}'$  оказывается параллельным вектору скорости  $\vec{V}_0$  относительного движения систем отсчета  $K$  и  $K'$ , а через  $t_n$  – моменты времени, отвечающие точкам поворота. Очевидно, что имеют место равенства:  $\vec{v}(t_n^*) = 2\vec{V}_0$ ,  $\vec{v}(t_n) = 0$ , где  $\vec{v}(t) = \vec{v}' + \vec{V}_0$ . Указанные моменты времени можно записать следующим образом:

$$\phi'_{t_n^*} - \phi_0 = -\pi / 2 + 2\pi n, \quad \phi'_{t_n} - \phi_0 = +\pi / 2 + 2\pi n, \quad n = 0, \pm 1, \dots, \quad (28)$$

где  $\phi'_t = \omega' t + \phi'_0$ . Вследствие (28), величины  $\phi'_{t_n}$  и  $\phi'_{t_n^*}$  связаны между собой равенством:  $\phi'_{t_n} = \phi'_{t_n^*} + \pi$ . Если в качестве начального момента выбрать момент времени  $t = t_0^* = 0$  (в этот момент времени  $\vec{R}_0 = 0$ ), то  $\phi'_0 - \phi_0 = -\pi / 2$ . Следующим ближайшим моментом времени, отвечающим точке поворота, будет момент  $t_0$ ,  $t_0 = \pi / \omega'$ , при этом  $\omega' t_0^* = 2\pi n$ .

Исследуем поведение величин  $a$  и  $b$  (25) в малой окрестности точек поворота. С этой целью положим:

$$v' = V_0, \quad \phi' - \phi_0 = +\pi / 2 + 2\pi n + \varepsilon, \quad |\varepsilon| \ll 1. \quad (29)$$

Вычисление дает:

$$\begin{aligned} a &= v' - V_0 \sin(\phi' - \phi_0) = V_0(1 - \sin(\pi/2 + 2\pi n + \varepsilon)) \approx V_0 \varepsilon^2 / 2, \\ b &= V_0 \cos(\phi' - \phi_0) = -V_0 \sin \varepsilon \approx -V_0 \varepsilon. \end{aligned} \quad (30)$$

В точках поворота  $\varepsilon = 0$  и поэтому, согласно (27) и (30),  $a = b = 0$  и масса частицы  $m$  (27) становится бесконечно большой. Как видно из (30), при прохождении частицы через точку поворота величина  $a$  сохраняет знак, а величина  $b$  изменяет знак на противоположный (величина  $\varepsilon$  до момента пересечения частицей точки поворота отрицательна, т.е.  $b > 0$ , а после указанного момента – положительна, т.е.  $b < 0$ ).

В силу (25) и (27) импульс частицы можно выразить формулой:

$$\vec{p} = p_0 \frac{a\vec{e}_{\phi'} + b\vec{e}_{r'}}{\sqrt{a^2 + b^2}} \equiv p_{\phi'}\vec{e}_{\phi'} + p_{r'}\vec{e}_{r'}, \quad (31)$$

где  $p_{r'}\vec{e}_{r'}$  и  $p_{\phi'}\vec{e}_{\phi'}$  – радиальная и угловая компоненты вектора импульса. Как следует из (30), в непосредственной окрестности точки поворота  $a \ll |b|$ . Поэтому в указанной области импульс частицы сводится приближенно к радиальной компоненте:

$$\vec{p} \approx p_0 \operatorname{sign} b \vec{e}_{r'}, \quad |p_{\phi'}| \ll |p_{r'}|, \quad \vec{e}_{r'} = (-\sin \phi_0, \cos \phi_0). \quad (32)$$

Согласно (32), вектор импульса частицы направлен перпендикулярно вектору скорости  $\vec{V}_0$ . При переходе частицы через точку поворота радиальная компонента импульса  $p_{r'}$  изменяется скачкообразно от значения  $+p_0$  до значения  $-p_0$ . Значит, в окрестности точки поворота импульс частицы испытывает скачок величиной  $2p_0$ . Это связано с тем, что масса частицы в точке поворота обращается в бесконечность, так что импульс в точке поворота представляет собой неопределенность вида  $0 \cdot \infty$ .

Вычисляем силу инерции:

$$\vec{F} = p_0(\dot{v}\vec{v} - v\dot{\vec{v}})v^2, \quad \dot{v}\vec{v} - v\dot{\vec{v}} = \frac{ar'\omega'^2}{\sqrt{a^2 + b^2}}(-a\vec{e}_{r'} + b\vec{e}_{\phi'}), \quad |v\dot{\vec{v}} - \dot{v}\vec{v}| = |a|r'\omega'^2.$$

Значит,

$$\vec{F} = p_0 \frac{ar'\omega'^2}{(a^2 + b^2)^{3/2}}(-a\vec{e}_{r'} + b\vec{e}_{\phi'}), \quad |\vec{F}| = p_0 \frac{|a|r'\omega'^2}{a^2 + b^2}. \quad (33)$$

Силу инерции  $\vec{F}$  (33) можно представить в виде суммы двух компонент, одна из которых пропорциональна скорости частицы (эта компонента силы инерции называется реактивной силой), а вторая пропорциональна ускорению:  $\vec{F} = m\dot{\vec{v}} + m\dot{v}\vec{v}$ . Обратим внимание на то обстоятельство, что частица движется с ускорением в отсутствие внешнего поля. В ИСО  $K'$  на частицу действует сила инерции  $\vec{F}'$  (см. (23)), модуль которой является интегралом движения. Однако в ИСО  $K$ , движущейся относительно  $K'$ , на частицу действует сила инерции  $\vec{F}$  (33), модуль которой изменяется со временем. Это значит, что системы отсчета  $K$  и  $K'$  не являются физически эквивалентными. Неравноправие указанных систем отсчета обусловлено тем, что при криволинейном движении частицы по инерции может происходить преобразование массы частицы в ИКИ-среду и обратное преобразование, вследствие чего масса частицы может изменяться со временем. Сила инерции, действующая на частицу, выступает не причиной, а следствием ускоренного движения частицы по инерции.

Напомним, что, согласно динамическому принципу механики Ньютона, частица может двигаться ускоренно лишь в результате действия на частицу внешней силы. Иными словами, в Ньютонской схеме механики запрещается ускоренное движение частицы в отсутствие внешних сил, и этот запрет провозглашается фундаментальным физическим принципом. Однако, запрет на существование ускоренных движений по инерции не обоснован и является незаконным. Движение относится к числу первичных понятий и не может подчиняться каким-либо ограничениям, налагаемым с помощью вторичных, производных понятий, к числу которых относится понятие внешней силы. Следует подчеркнуть, что **никакие ограничения на движение**

материи, противоречащие основным законам развития природы, не могут приниматься в качестве физических законов. Если при описании физической реальности используются ограничения такого рода, они неизбежно вызывают искажения исследуемой физической картины и поэтому недопустимы.

В малой окрестности точки поворота (при  $a \ll |b|$ ) выражение для силы инерции (33) можно записать в виде:

$$\vec{F} \approx (1/2)p_0\omega' \text{sign} b \vec{e}_{\phi'}, \quad |\vec{F}| \approx (1/2)p_0\omega', \quad \vec{e}_{\phi'} = -\vec{V}_0 / V_0. \quad (34)$$

Отсюда видно, что в системе отсчета  $K$  вектор силы инерции вблизи точки поворота параллелен вектору скорости  $\vec{V}_0$ , причем при переходе через точку поворота его направление изменится на противоположное. Вследствие этого, в малой окрестности точки поворота вектор силы инерции направлен к точке поворота.

Отметим, что если расширить окрестность (29) точки поворота, положив

$$v' = V_0(1 + \varepsilon_1), \quad \phi' - \phi_0 = +\pi/2 + 2\pi n + \varepsilon, \quad |\varepsilon| \ll |\varepsilon_1| \ll 1, \quad (35)$$

то величина  $a$  удовлетворит условиям (ср. с (30)):

$$a = V_0\varepsilon_1, \quad |a| \gg |b|. \quad (36)$$

Используя (35) и (36), на основании (31) и (33) выводим:

$$\vec{p} \approx p_0 \text{sign} a \vec{e}_{\phi'}, \quad |p_r| \ll |p_{\phi'}|, \quad \vec{F} \approx -p_0\omega' \vec{e}_{r'} / |\varepsilon_1|, \quad |F_{\phi'}| \ll |F_{r'}|, \quad \varepsilon_1 = (v' - V_0) / V_0. \quad (37)$$

Из сравнения соотношений (37) с (32) и (34) следует, что в расширенной окрестности точки поворота, определенной условиями (35), вектор импульса частицы направлен параллельно вектору скорости  $\vec{V}_0$ , а вектор силы инерции направлен к центру вихря, причем его модуль может значительно превышать величину силы инерции (34), отвечающей более узкой окрестности (29) точки поворота.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что поведение частицы в окрестности точки поворота существенно зависит от соотношения между малыми параметрами  $a$  и  $b$  ( $|a|, |b| \ll 1$ ): физические характеристики частицы при  $|a| \ll |b|$  заметно отличаются от характеристик при  $|a| \gg |b|$ .

Вычислим теперь импульс частицы и действующую на частицу силу инерции в момент времени  $t_0^*$ , когда скорость частицы составляет  $2v'$ . Принимая во внимание, что в силу (25) параметры, определяющие движение частицы в указанный момент времени, принимают следующие значения:  $a = 2v'$ ,  $b = 0$ ,  $\phi' = \phi_0 - \pi/2$ , получаем с помощью (31) и (33):

$$\vec{p} = p_0 \vec{e}_{\phi'}, \quad \vec{F} = -(1/2)p_0\omega' \vec{e}_{r'}, \quad \vec{e}_{r'} = (\sin \phi_0, -\cos \phi_0), \quad \vec{e}_{\phi'} = (\cos \phi_0, \sin \phi_0) = \vec{V}_0 / V_0. \quad (38)$$

Из сравнения последних соотношений с (32) и (34) видно, что поведение импульса частицы и силы инерции в окрестности точки поворота существенно отличается от поведения этих величин в области, отвечающей моменту времени  $t_0^*$ . В первой из указанных областей в точке поворота как радиальная компонента вектора импульса, так и угловая компонента вектора силы инерции испытывают скачок. А во второй области импульс и сила инерции изменяются непрерывно. Имеется еще одно отличие: сила инерции в малой окрестности точки поворота направлена к точке поворота параллельно вектору скорости  $\vec{V}_0$ , а во второй области сила инерции направлена в сторону центра вихря перпендикулярно вектору  $\vec{V}_0$ . Указанные выше особенности поведения импульса и силы инерции обусловлены тем, что в точке поворота масса частицы становится бесконечно большой ( $m \rightarrow \infty$ ), а в точках, отвечающих моментам времени  $t_n^*$ , масса частицы принимает наименьшее значение, которое равно половине массы  $m'$  частицы в системе отсчета  $K'$ :  $m = p_0 / (2v') = (1/2)m'$ .

Перейдем к вычислению моментов импульса частицы и действующей на частицу силы инерции в ИСО  $K$ :

$$\begin{aligned} \vec{L} &= [\vec{r}, \vec{p}], \quad \vec{r} = \vec{r}' + \vec{R}_0, \quad \vec{p} = m\vec{v}, \quad \vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}_0, \\ \vec{L} &= \vec{S} + \vec{L}_{orb}, \quad \vec{S} = [\vec{r}', \vec{p}], \quad \vec{L}_{orb} = [\vec{R}_0, \vec{p}], \quad \vec{R}_0 = \vec{V}_0 t, \quad \vec{V}_0 = const, \\ \vec{M} &= [\vec{r}, d\vec{p} / dt] = \vec{M}_{prop} + \vec{M}_{orb}, \quad \vec{M}_{prop} = [\vec{r}', d\vec{p} / dt], \quad \vec{M}_{orb} = [\vec{R}_0, d\vec{p} / dt]. \end{aligned} \quad (39)$$

Здесь  $\vec{L}$ ,  $\vec{S}$  и  $\vec{L}_{orb}$  – полный, собственный и орбитальный моменты импульса частицы,  $\vec{M}$ ,  $\vec{M}_{prop}$  и  $\vec{M}_{orb}$  – полный, собственный и орбитальный моменты силы инерции, действующей на частицу. Имеет место уравнение моментов:  $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}] = d\vec{L} / dt$ . Отметим, что под собственным моментом импульса частицы в ИСО  $K$  мы понимаем момент импульса, вычисленный относительно точки, которая является центром вихря частицы. В рассматриваемой здесь задаче центром вихря является начало координат в ИСО  $K'$ , т.е. точка  $O'$ .

Принимая во внимание равенства (19), (24), (31) и соотношения

$$\begin{aligned} \vec{v}' &= [\vec{\omega}', \vec{r}'], \quad \vec{\omega}' = \omega' \vec{e}_z, \quad \vec{e}_\phi = [\vec{e}_z, \vec{e}_r], \quad [\vec{r}', \vec{v}'] = r'^2 \vec{\omega}', \\ [\vec{r}', \vec{V}_0] &= -r' V_0 \sin(\phi' - \phi_0) \vec{e}_z, \quad [\vec{V}_0, \vec{v}'] = \omega' r' V_0 \cos(\phi' - \phi_0) \vec{e}_z, \end{aligned}$$

находим:

$$\vec{S} = mr' a \vec{e}_z, \quad \vec{L}_{orb} = mr' \omega' t b \vec{e}_z, \quad m = p_0 / \sqrt{a^2 + b^2}, \quad \phi' = \omega' t. \quad (40)$$

Теперь вычисляем собственный и орбитальный моменты силы инерции:

$$\begin{aligned} \vec{M}_{proper} &= [\vec{r}', d\vec{p} / dt] = p_0 v'^2 f(a, b) \vec{e}_z, \quad f(a, b) = ab / (a^2 + b^2)^{3/2}, \\ \vec{M}_{orb} &= [\vec{R}_0, d\vec{p} / dt] = -p_0 v'^2 \phi' g(a, b) \vec{e}_z, \quad g(a, b) = (a / b) f(a, b). \end{aligned} \quad (41)$$

Согласно (40) и (41), орбитальный момент импульса и момент силы инерции связаны с собственными моментами следующими равенствами:

$$\vec{L}_{orb} = (b / a) \phi' \vec{S}, \quad \vec{M}_{orb} = -(a / b) \phi' \vec{M}_{proper}. \quad (42)$$

Связь полных моментов импульса и силы инерции с собственными моментами дается формулами:

$$\vec{L} = (1 + \phi' b / a) \vec{S}, \quad \vec{M} = (1 - \phi' a / b) \vec{M}_{proper}. \quad (43)$$

Чтобы получить моменты импульса и силы инерции в точках поворота, нужно в формулах (40)-(43) заменить величину  $\phi' \equiv \omega' t$  на  $\omega' t_n = \pi(1 + 2n)$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ , где  $t_n$  – момент времени, отвечающий  $n$ -ой точке поворота. Чтобы уточнить смысл момента времени  $t_0$ , нужно учесть, что в качестве начала отсчета времени мы выбрали момент времени  $t_0^* = 0$ ;  $t_0, t_0 > 0$ , – это ближайший к моменту  $t_0^*$  момент времени, в который частица находится в состоянии покоя в системе отсчета  $K$ .

Исследуем выражения для моментов импульса и силы инерции, отвечающие малой окрестности точек поворота частицы в системе отсчета  $K$ .

Вначале рассмотрим окрестность (29) точек поворота. Используя соотношения (30) и вытекающие из них равенства:  $a / \sqrt{a^2 + b^2} \approx a / |b| = |\varepsilon| / 2$ ,  $b / a = -2 / \varepsilon$ , получаем с помощью (40) и (41) следующие выражения:

$$\begin{aligned} \vec{S} &= r' p_0 |\varepsilon| \vec{e}_z / 2, \quad \vec{L}_{orb} = -r' p_0 \phi' \text{sign} \varepsilon \vec{e}_z, \\ \vec{M}_{proper} &= -p_0 v' \text{sign} \varepsilon \vec{e}_z / 2, \quad \vec{M}_{orb} = -p_0 v' \phi' |\varepsilon| \vec{e}_z / 4. \end{aligned} \quad (44)$$

Как видно из (44), в точке поворота собственный момент импульса и орбитальный момент силы инерции обращаются в нуль:  $\vec{S} = 0$ ,  $\vec{M}_{orb} = 0$  при  $\varepsilon \rightarrow 0$ . Поэтому в силу (39) полные моменты можно записать в виде:  $\vec{L} = \vec{L}_{orb}$ ,  $\vec{M} = \vec{M}_{proper}$ . Отметим, что полные моменты импульса и силы инерции изменяют знак при пересечении частицей точки поворота.

Теперь рассмотрим окрестность (35) точки поворота, когда скорость частицы  $v'$  заметно отличается от относительной скорости  $V_0$  систем отсчета, но величина  $|v' - V_0|$  мала по

сравнению с  $V_0$ . Учитывая (36) и равенства:  $a/\sqrt{a^2+b^2} \approx \text{sign } a$ ,  $b/a = -\epsilon/\epsilon_1$ ,  $f(a,b) = -(\epsilon/\epsilon_1^2)V_0^{-1}\text{sign } a$ ,  $g(a,b) = |\epsilon_1|^{-1}V_0^{-1}$ , с помощью (40) и (41) получаем:

$$\begin{aligned} \vec{S} &= r'p_0 \text{sign} \epsilon_1 \vec{e}_z, \quad \vec{L}_{orb} = -r'p_0 (\epsilon/|\epsilon_1|) \phi' \vec{e}_z, \\ \vec{M}_{proper} &= -p_0 v' (\epsilon/\epsilon_1^2) \text{sign} \epsilon_1 \vec{e}_z, \quad \vec{M}_{orb} = -p_0 v' \phi' \vec{e}_z / |\epsilon_1|. \end{aligned} \quad (45)$$

Согласно (45),  $\vec{L}_{orb} = 0$ ,  $\vec{M}_{proper} = 0$  и поэтому  $\vec{L} = \vec{S}$ ,  $\vec{M} = \vec{M}_{orb}$  при  $\epsilon \rightarrow 0$ . Из первого из равенств (45) видна следующая особенность поведения частиц, лежащих вблизи точек поворота: собственные моменты импульса частиц с  $v' > V_0$  и частиц с  $v' < V_0$  противоположны по направлению.

Вычислим моменты импульса и силы инерции частиц в системе отсчета  $K$  в момент времени  $t_0^*$ , когда модуль скорости частицы достигает максимального значения  $2v'$ . Используя (38), получаем:

$$\vec{S} = r'p_0 \vec{e}_z, \quad \vec{L}_{orb} = 0, \quad \vec{M}_{proper} = 0, \quad \vec{M}_{orb} = (1/2)p_0 v' \phi' \vec{e}_z. \quad (46)$$

Сравнивая между собой соотношения (44) - (46), приходим к выводу, что собственные моменты импульса частицы, движущейся ускоренно по инерции, и действующей на частицу силы инерции изменяются со временем, причем  $\vec{S} = 0$  для частицы, находящейся в точке поворота. Изменяются со временем также и орбитальные моменты, их численные значения и направления зависят от положения частицы на траектории движения. Момент силы инерции в окрестности (35) точки поворота может существенно превышать по величине момент силы инерции в более узкой окрестности точки поворота (29).

В квантовой механике собственный момент импульса квантовой частицы принято называть спиновым моментом (или просто спином). Согласно изложенному выше, классическая частица, движущаяся ускоренно по инерции, обладает спиновым моментом, который может изменяться со временем, а также изменяться при переходе из одной ИСО в другую. Так, в ИСО  $K'$  спиновый момент частицы  $\vec{S}'$ , совпадающий с моментом импульса  $\vec{L}'$ , сохраняется во времени:  $\vec{S}' = S' \vec{e}_z$ ,  $S' = p_0 r' = \text{const}$  (см.(23)). Однако в ИСО  $K$  спиновый момент  $\vec{S} = S \vec{e}_z$  становится функцией времени, изменяясь от значения  $S = 0$  в точках поворота до максимального значения  $S = p_0 r' \equiv S_{\text{max}}$  в точках траектории движения, в которых скорость частицы достигает максимального значения. Как видно из полученных результатов, указанное поведение спинового момента частицы обусловлено изменением со временем массы частицы, которая при движении частицы по траектории изменяется от бесконечно большого значения в точках поворота до минимального значения в точках, отвечающих максимальной скорости частицы.

Интересно, что при изменении спина частицы от значения  $S = 0$  до значения  $S = S_{\text{max}}$  кинетическая энергия  $T$  частицы изменяется от  $T = 0$  до  $T = S_{\text{max}} \omega' \equiv T_{\text{max}}$ . Этот результат наводит на мысль, что для классической частицы, движущейся ускоренно по инерции, величины  $S_{\text{max}}$  и  $\omega'$  играют, соответственно, роль постоянной Планка и частоты колебаний классической частицы, находящейся в состоянии криволинейного движения по инерции. Отсюда можно сделать вывод, что **спин частицы не является следствием существования особых квантовых свойств материи**. Спин возникает автоматически при устранении неполноты классической механики путем включения криволинейных движений классических частиц по инерции в теоретическую схему. Такой подход приводит к тому, что масса частицы перестает быть интегралом движения, становясь переменной величиной, изменяющейся во времени. Естественно, что при этом спиновый момент частицы также становится переменной величиной. Можно предположить, что, вопреки общепринятым представлениям, микрочастицы могут иметь произвольные значения спинов; т.е. в природе имеет место суперсимметрия – симметрия, связывающая частицы-бозоны с частицами-фермионами.

Деление класса частиц на бозоны и фермионы является, по-видимому, следствием неполноты механики – следствием исключения из рассмотрения криволинейных движений по инерции (КДИ). Указанное деление частиц возникло вследствие использования в физической

теории математической схемы (модели), игнорирующей законы диалектики. Основное положение диалектики состоит в том, что любая реальность представляет собой сосуществование диалектических противоположностей, характер взаимоотношений между которыми определяет ее поведение (например, продолжительность жизни). Криволинейные движения по инерции (КДИ) и вынужденные ускоренные движения (ВУД) частиц являются диалектическими противоположностями: сила, действующая на частицу, является в случае КДИ следствием ускоренного движения частицы, а в случае ВУД – его причиной. Следует подчеркнуть, что если физическая теория основывается на математической модели, игнорирующей одну из указанных противоположностей, она оказывается неадекватной природе, т.е. неспособной ее описать должным образом и объяснить.

Отметим, что ускоренные движения по инерции могут совершаться частицей и при прямолинейном движении. Пусть, например, в ИСО  $K$  частица движется вдоль оси  $x$  и ее положение на оси описывается координатой

$$x = x_0 + v_0 t + a_0 t^2 / 2 \equiv x(t), \quad (47)$$

где  $x_0, v_0, a_0 = const, t \geq 0$ . Для определенности положим, что  $x_0 \geq 0, v_0 > 0, a_0 < 0$ . Точка поворота частицы определяется равенством  $v = \dot{x} = v_0 + a_0 t = 0$ , согласно которому точке поворота отвечает момент времени  $t = -v_0 / a_0 \equiv t_1 > 0$ . Используя выражение для силы инерции  $F = dp / dt$ , где  $p = m\dot{x}$  – импульс частицы, условие ускоренного движения по инерции можно записать в виде:

$$dA = Fdx = \dot{x}d(m\dot{x}) = |\dot{x}|d(m|\dot{x}|) = 0. \quad (48)$$

Это условие может выполняться в двух случаях: 1)  $|\dot{x}| = 0$  и 2)  $m|\dot{x}| \equiv p_0 = const$ . Ввиду того, что из условия  $|\dot{x}| = 0$  следует равенство  $\dot{x} = 0$ , заключаем, что в случае 1) имеет место простейший случай состояния движения по инерции – состояние покоя частицы в точке  $x = const$ . В случае 2) приходим к следующему определению массы частицы, справедливому при  $\dot{x} \neq 0$ :

$$m = p_0 / |\dot{x}|. \quad (49)$$

Последнее равенство остается справедливым и при  $\dot{x} \rightarrow 0$ , т.е. в окрестности точки поворота на траектории движения частицы. Полагая, что масса частицы неотрицательна, можем считать, что в формуле (49)  $p_0 = const > 0$ . В силу (49) импульс частицы можно представить в виде:

$$p = p_0 \dot{x} / |\dot{x}| = p_0 \text{sign}(\dot{x}), \quad (50)$$

где  $\text{sign}(\dot{x}) = \theta(\dot{x}) - \theta(-\dot{x})$ ,  $\theta(x) - \theta -$  функция Хевисайда. С помощью равенства (50) легко получить следующую формулу для силы инерции:

$$F = 2p_0 \dot{x} \delta(\dot{x}) = -2p_0 \delta(t - t_1), \quad (51)$$

где  $\delta(\dot{x}) - \delta -$  функция Дирака,  $\dot{x} = (d/dt)x(t)$ , функция  $x = x(t)$  дается формулой (47). При выводе соотношений (51) использованы следующие равенства:

$$d\theta(\dot{x})/dt = \ddot{x}\delta(\dot{x}), \quad \delta(\dot{x}(t)) = |\ddot{x}(t_1)|^{-1} \delta(t - t_1), \quad \dot{x} = v_0 + a_0 t, \quad \ddot{x} = a_0.$$

Согласно (50) и (51),  $p = +p_0$  при  $\dot{x} > 0$  (т.е. при  $t < t_1$ ) и  $p = -p_0$  при  $\dot{x} < 0$  (т.е. при  $t > t_1$ ). Значит, при прохождении частицей момента времени  $t = t_1$ , отвечающего точке поворота, происходит изменение направления импульса частицы на противоположное и, вследствие этого, импульс частицы изменяется скачкообразно с величиной скачка, равной  $-2p_0 \equiv \Delta p$ . Скачок импульса приводит к появлению силы инерции  $F$  (51), которая оказывается бесконечно большой и действует на частицу только в точке поворота. Очевидно, что в рассматриваемой модели сила инерции не является причиной ускорения частицы.

Чтобы уточнить картину движения частицы по инерции, вычислим положение частицы в моменты времени  $t = t_0 = 0, t = nt_1, n = 1, 2, \dots$ :

$$x(t_0) = x_0, \quad x(t_1) = x_0 + \frac{v_0^2}{2|a_0|}, \quad x(2t_1) = x_0, \quad \dots, \quad x(nt_1) = x_0 - \frac{v_0^2}{2|a_0|}n(n-2), \quad \dots, \quad n = 1, 2, \dots$$

Как видим, картина движения по инерции такова: частица перемещается от точки  $x_0$ , в которой она локализована в начальный момент времени  $t = 0$ , в направлении к точке поворота  $x(t_1)$ ,

обладая импульсом  $p_0$ , кинетической энергией  $T = p_0 |\dot{x}|/2$  и массой  $m = p_0/|\dot{x}|$ . В точке поворота  $x(t_1)$  кинетическая энергия частицы обращается в нуль, полностью переходя в энергию ИКИ-среды, а масса частицы становится бесконечно большой. В этой точке частица как бы сталкивается с бесконечно высоким потенциальным барьером и, будучи не в состоянии его преодолеть, отражается от него и перемещается в обратном направлении с импульсом  $-p_0$ . С течением времени, при  $t > t_1$ , энергия ИКИ-среды переходит в кинетическую энергию частицы, которая постепенно возрастает, а масса частицы уменьшается. В момент времени  $2t_1$  частица возвращается в исходное положение  $x_0$ , кинетическая энергия и масса частицы возвращаются к исходным значениям. Как видим, в точке поворота состояние частицы существенно изменяется. При приближении к точке поворота частица порождает ИКИ-среду, вследствие чего кинетическая энергия частицы уменьшается, а масса частицы возрастает, становясь бесконечно большой в точке поворота. В момент времени  $t = t_1$  на частицу действует сила инерции, приводящая к изменению направления импульса частицы на противоположное, и происходит отражение частицы. При удалении от точки поворота частица поглощает ИКИ-среду, кинетическая энергия частицы возрастает, а масса уменьшается.

Рассмотрим еще один пример прямолинейного ускоренного движения по инерции. Пусть положение частицы на оси  $x$  в момент времени  $t$ ,  $t \geq 0$ , определяется формулой:

$$x = \tilde{a} \sin(\omega t) \equiv x(t), \quad \tilde{a}, \omega = const, \quad \tilde{a}, \omega > 0. \quad (52)$$

Точкам поворота, определяемым равенством  $\dot{x}(t) = 0$ , отвечают моменты времени  $t_n$ ,  $t_n = (n+1/2)\pi/\omega$ . В силу того, что  $x(t_n) \equiv x_n = \tilde{a}(-1)^n$ , имеются две точки поворота:  $x_{2n} = \tilde{a}$ ,  $x_{2n+1} = -\tilde{a}$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ . Используя условие (48) ускоренного движения частицы по инерции, получаем следующие выражения для массы и импульса частицы и действующей на частицу силы инерции (ср. с (49)-(51)):

$$m = p_0/|\dot{x}|, \quad p = p_0 \text{sign}(\dot{x}), \quad F = 2p_0 \ddot{x} \delta(\dot{x}) = 2p_0 (-1)^{n+1} \delta(t - t_n), \quad p_0 = const. \quad (53)$$

Согласно соотношениям (52) и (53), частица совершает гармонические колебания по инерции с частотой  $\omega$  в интервале  $(-\tilde{a}, \tilde{a})$ , лежащем на оси  $x$ . На частицу действует сила инерции, которая отлична от нуля только в точках поворота, совпадающих с концами указанного интервала, и направлена к его середине. Частица движется с ускорением во всех точках интервала  $(-\tilde{a}, \tilde{a})$ , кроме точки  $x = 0$ , отвечающей середине интервала, в которой модуль скорости и масса частицы принимают, соответственно, максимальное и минимальное значения:  $|\dot{x}| = \tilde{a}\omega$  и  $m_{\min} = p_0/(\tilde{a}\omega)$ . В точках поворота масса частицы становится бесконечно большой, а сила инерции направлена к середине интервала, вследствие чего направление движения частицы изменяется на противоположное, т.е. происходит отражение частицы. Сила инерции возникает из-за ускоренного движения частицы, вызванного скачкообразным изменением направления ее движения в точках поворота.

Сравним гармонические колебания частицы по инерции с гармоническими колебаниями, описываемыми согласно механике Ньютона.

В стандартной схеме механики рассматриваются осцилляции частицы в силовом поле, имеющем форму потенциальной ямы вида:  $U = kx^2/2 \equiv U(x)$ ,  $k = const > 0$ . Если частицу массой  $m$ ,  $m = const$ , вывести из положения равновесия, которому отвечает точка  $x = 0$ , на частицу действует возвращающая сила:  $F_{ext} = -dU/dx = -kx$ , под действием которой происходят колебания частицы. Интегралом движения служит полная энергия частицы  $E$ ,  $E = T + U(x)$ , состоящая из кинетической ( $T = m\dot{x}^2/2$ ) и потенциальной ( $U(x)$ ) энергий. Сила  $F_{ext}$  выступает в качестве внешней силы, действующей на частицу со стороны заданного внешнего поля  $U = U(x)$ ; она является причиной гармонических колебаний частицы. Осцилляции частицы сопровождаются непрерывным преобразованием кинетической энергии в потенциальную и наоборот.

Гармонические колебания по инерции совершаются в отсутствие потенциальной ямы.

Сила инерции  $F$ , действующая на частицу, совершающую колебания по инерции, является не причиной, а следствием ускорения частицы. Она состоит из двух компонент:  $F = F_{react} + F'$ , где  $F_{react} = m\dot{x}$  – реактивная сила,  $F' = m\ddot{x}$  – компонента силы, пропорциональная ускорению. Интересно, что силы  $F_{react}$  и  $F'$  компенсируют друг друга всюду в интервале осцилляций  $(-\tilde{a}, \tilde{a})$ , кроме точек поворота. Масса частицы изменяется со временем:  $m = m(t)$ , вследствие чего кинетическая энергия частицы  $m\dot{x}^2 / 2 \equiv T$  не сохраняется. В качестве интеграла движения выступает величина:  $T + \tilde{T} = \tilde{E}$ , где  $\tilde{T}$  – энергия ИКИ-среды, порождаемой частицей;  $\tilde{E} = const$ , величина  $\tilde{E}$  совпадает с максимальным значением кинетической энергии частицы  $T_{max}$ , так что  $\tilde{T} = -T + T_{max}$ .

Естественно, возникает вопрос: что является причиной ускоренного движения частицы, совершающей гармонические колебания по инерции? Ответ состоит в том, что движение представляет собой атрибут материи, т.е. врожденное свойство материи, способ ее существования. Ввиду того, что движение материи – одно из первичных понятий, не может существовать каких-либо ограничений и запретов на движение. Допустимы любые виды движений, не противоречащие основным законам развития материи – законам диалектики. Движение по инерции, как наиболее фундаментальное движение частиц и полей, может быть произвольным по форме и, в частности, может быть ускоренным и прямолинейным. В механике Ньютона постулируется принцип инерции, согласно которому единственным видом движения по инерции является равномерное и прямолинейное движение частиц, и в качестве динамического принципа принимается, что ускоренное движение частиц возможно только под действием внешней силы. **Указанные принципы не обосновываются должным образом, они принимаются на основании утверждений, что их справедливость подтверждается данными опыта и наблюдений, хотя подобных подтверждений не существует.**

Как показано в [7,15], частицы, совершающие криволинейное движение по инерции, движутся с ускорением, обусловленным не действием внешней силы, а изменением направления движения частицы по криволинейной траектории. Ускоренные движения такого рода сопровождаются возникновением сил инерции, которые являются не причиной, а следствием ускорения, т.е. имеют чисто кинематическое происхождение. Аналогично, сила инерции возникает и при гармонических колебаниях частицы по инерции. Когда частица достигает точки поворота в момент времени  $t = t_n$ , на частицу действует сила инерции, которая вызывает отражение частицы, изменяя направление движения частицы на противоположное. В последующие моменты времени  $t > t_n$  частица продолжает движение, перемещаясь с ускорением (но в отсутствие силы инерции) от точки поворота  $n$  к центру интервала осцилляций и далее к следующей точке поворота  $n + 1$ .

Отметим, что в работе [10] гармонические колебания по инерции получены, исходя из криволинейных движений частицы по инерции. Построена модель осциллятора, совершающего колебания в двухдипольном состоянии, в котором модули составляющих диполей равны по величине, а угловые скорости равны по величине и противоположны по направлению. Показано, что масса частицы изменяется со временем периодически, достигая наименьшего значения в центре вихря и становясь бесконечно большой в точках поворота. В настоящем разделе гармонические осцилляции частицы по инерции получены без использования криволинейных движений с последующим переходом к пределу движений по прямой. Тем самым показано, что ускоренные движения частицы произвольной формы могут быть движениями по инерции, в которых действующая на частицу сила инерции не совершает работы при перемещении частицы.

Полученные в данном разделе результаты свидетельствуют о том, что поведение классической частицы, совершающей ускоренное движение по инерции, существенно зависит от выбора ИСО. При переходе из одной ИСО в другую изменяются физические характеристики – масса частицы, действующая на частицу сила инерции, моменты импульса и силы инерции. Физическая неэквивалентность движущихся друг относительно друга ИСО обусловлена тем, что масса частицы, движущейся ускоренно по инерции, не является интегралом движения. В

рассмотренной здесь задаче масса частицы сохраняется во времени в системе отсчета  $K'$ . Но при переходе в систему отсчета  $K$ , движущуюся относительно  $K'$ , масса частицы изменяется со временем. Речь идет не о появлении малых поправок к массе в системе отсчета  $K$ , а о том, что даже при малых относительных скоростях движения систем отсчета  $K'$  и  $K$  масса частицы в новой системе отсчета  $K$  может измениться очень существенно по сравнению с массой в исходной системе отсчета  $K'$ , как это имеет место в окрестности точки поворота на траектории движения.

#### 4. Силы инерции в системе двух классических частиц

Наша задача – исследовать поведение классических точечных частиц двухчастичной системы, находящейся в состоянии ускоренного движения по инерции, и, в частности, найти действующие на частицы силы инерции.

Рассмотрим систему двух классических частиц 1 и 2 с массами, зависящими от времени, в ИСО  $K$  и  $K'$ , движущихся друг относительно друга. Считаем, что системы отсчета и оси отвечающих им декартовых координат ориентированы так, как указано в предыдущем разделе. Обозначим через  $\vec{r}_i$  ( $\vec{r}'_i$ ) радиус-вектор, а через  $m_i$  ( $m'_i$ ) массу частицы  $i$ ,  $i=1,2$ , в системе отсчета  $K$  ( $K'$ ). Радиус-векторы  $\vec{r}_i$ ,  $\vec{r}'_i$  и векторы скорости  $\vec{v} = \dot{\vec{r}}$ ,  $\vec{v}' = \dot{\vec{r}'}$  частицы связаны между собой равенствами

$$\vec{r}_i = \vec{r}'_i + \vec{R}_0, \quad \vec{v}_i = \vec{v}'_i + \vec{V}_0, \quad i=1,2. \quad (54)$$

Центры масс двухчастичной системы в рассматриваемых системах отсчета обозначим через  $C$  и  $C'$ . Радиус-векторы  $\vec{R}_C$  и  $\vec{R}'_{C'}$  центров масс можно представить в виде:

$$\vec{R}_C = \frac{\beta \vec{r}_1 + \vec{r}_2}{\beta + 1}, \quad \vec{R}'_{C'} = \frac{\beta' \vec{r}'_1 + \vec{r}'_2}{\beta' + 1}, \quad \beta = m_1/m_2, \quad \beta' = m'_1/m'_2. \quad (55)$$

Ввиду того, что положение в пространстве центра масс двухчастичной системы не может измениться при переходе из одной ИСО в другую, должно выполняться равенство (см. (54)):

$$\vec{R}_C = \vec{R}'_{C'} + \vec{R}_0. \quad (56)$$

Используя первое из соотношений (54), радиус-вектор  $\vec{R}_C$  (55) можно записать следующим образом:  $\vec{R}_C = (\beta \vec{r}'_1 + \vec{r}'_2)(\beta + 1)^{-1} + \vec{R}_0$ . Из сравнения последнего соотношения с равенством (56) видно, что должно выполняться условие:  $\vec{R}'_{C'} = (\beta \vec{r}'_1 + \vec{r}'_2)(\beta + 1)^{-1}$ , которое можно преобразовать, принимая во внимание (55), к следующей форме:

$$\vec{R}'_{C'} - \frac{\beta \vec{r}'_1 + \vec{r}'_2}{\beta + 1} = \frac{\beta' - \beta}{(\beta' + 1)(\beta + 1)} \vec{R} = 0, \quad (57)$$

где  $\vec{R} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2 = \vec{r}'_1 - \vec{r}'_2$ . На основании того, что равенство (57) должно иметь место в произвольных ИСО, движущихся друг относительно друга, заключаем, что должно выполняться следующее равенство:

$$\beta = \beta' = const, \quad (58)$$

которое означает совпадение центров масс  $C$  и  $C'$  двухчастичной системы в ИСО  $K$  и  $K'$ .

Векторы импульса частиц и действующие на частицы силы инерции даются формулами:

$$\vec{p}_i = m_i \dot{\vec{r}}_i, \quad \vec{F}_i = \frac{d\vec{p}_i}{dt}, \quad i=1,2, \quad \vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2, \quad \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \frac{d\vec{P}}{dt}. \quad (59)$$

Здесь  $\vec{F}$  – результирующая сила инерции, действующая на частицы;  $\vec{P}$  – результирующий импульс рассматриваемой системы. Отметим равенства, вытекающие из (55) и (58):

$$\dot{\vec{R}}_C = \frac{\beta \dot{\vec{r}}_1 + \dot{\vec{r}}_2}{\beta + 1}, \quad m \dot{\vec{R}}_C = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{P}, \quad m = m_1 + m_2, \quad \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(m \dot{\vec{R}}_C)}{dt} = \vec{F}. \quad (60)$$

Вначале рассмотрим движение частиц в системе центра масс  $K_C$ . Радиус-векторы ча-

стиц в этой системе отсчета обозначим через  $\vec{r}_{iC}$ . Используя равенство

$$\vec{r}_i = \vec{R}_C + \vec{r}_{iC}, \quad i=1,2, \quad (61)$$

и формулу для  $\vec{R}_C$  (55), находим:

$$\vec{r}_{1C} = \mu \vec{R} / m_1, \quad \vec{r}_{2C} = -\mu \vec{R} / m_2, \quad \vec{R} = \vec{r}_{1C} - \vec{r}_{2C} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2, \quad \mu = m_1 m_2 / (m_1 + m_2). \quad (62)$$

Так как в силу (58) величины  $\mu / m_1$  и  $\mu / m_2$  являются постоянными, то на основании (62) векторы импульса и силы инерции в системе отсчета  $K_C$  можно записать следующим образом:

$$\vec{p}_{iC} = m_i \dot{\vec{r}}_{iC}, \quad \vec{F}_{iC} = \frac{d\vec{p}_{iC}}{dt}, \quad i=1,2, \quad \vec{p}_{1C} = \mu \dot{\vec{R}}, \quad \vec{p}_{2C} = -\mu \dot{\vec{R}}, \quad \vec{F}_{1C} = \frac{d(\mu \dot{\vec{R}})}{dt}, \quad \vec{F}_{2C} = -\vec{F}_{1C}. \quad (63)$$

В силу (63) в системе центра масс  $K_C$  результирующий импульс системы двух частиц равен нулю:  $\vec{P}_C \equiv \vec{p}_{1C} + \vec{p}_{2C} = 0$ , а действующие на частицы силы  $\vec{F}_{1C}$  и  $\vec{F}_{2C}$  равны по величине и противоположны по направлению. Поэтому результирующая сила инерции обращается в нуль:  $\vec{F}_C = \vec{F}_{1C} + \vec{F}_{2C} = 0$ . Как следует из (62), имеет место равенство  $\beta \vec{r}_{1C} + \vec{r}_{2C} = 0$ , которое означает, что начало координат системы центра масс совпадает с центром масс системы двух частиц.

В системе отсчета  $K_C$  условие криволинейного движения рассматриваемой двухчастичной системы по инерции можно записать в виде:

$$dA_C \equiv \vec{F}_{1C} d\vec{r}_{1C} + \vec{F}_{2C} d\vec{r}_{2C} = \vec{F}_\mu d\vec{R} = V d(\mu V) = 0, \quad (64)$$

где  $V = |\vec{V}|$ ,  $\vec{V} = \dot{\vec{R}}$ ,  $\vec{F}_\mu = \vec{F}_{1C} = d(\mu \vec{V}) / dt$  – сила инерции, действующая на частицу 1 в системе отсчета  $K_C$  (см. (63)). При  $V \neq 0$  приведенное условие дает:

$$\mu V \equiv p_0 = const, \quad \vec{F}_\mu = p_0 d\vec{e}_V / dt, \quad \vec{e}_V = \vec{V} / V, \quad (65)$$

где величина  $p_0$  имеет смысл модуля импульса относительного движения частиц. Учитывая (58) и (65), получаем следующие равенства:

$$m_i = \beta_i \mu, \quad i=1,2, \quad m = \beta_3 \mu, \quad \mu = p_0 / V, \quad (66)$$

где  $m \equiv m_1 + m_2$ ,  $\beta_1 = 1 + \beta$ ,  $\beta_2 = (1 + \beta) / \beta$ ,  $\beta_3 = \beta_1 + \beta_2 = \beta_1 \beta_2 = (1 + \beta)^2 / \beta$ .

Соотношения (65) и (66) позволяют вычислить приведенную массу  $\mu$  двух частиц, массы частиц  $m_1$ ,  $m_2$  и действующие на частицы силы инерции  $\pm \vec{F}_\mu$  в системе центра масс  $K_C$ . Как видно из (66), если скорость относительного движения частиц  $|\vec{V}|$  зависит от времени, массы частиц двухчастичной системы, находящейся в состоянии криволинейной инерции, также изменяются со временем. В силу (64) в системе центра масс  $K_C$  движение двух частиц по инерции происходит аналогично движению одной частицы, масса и радиус-вектор которой совпадают, соответственно, с приведенной массой  $\mu$  и вектором  $\vec{R}$ . Отметим также, что система центра масс не является, вообще говоря, инерциальной системой отсчета.

Выражение для работы  $dA_C$  (64), совершаемой силами инерции над частицами при их движении по инерции, можно представить в несколько иной форме, позволяющей уточнить физическое содержание явления криволинейной инерции системы двух частиц:

$$dA_C = \sum_i \vec{F}_{iC} d\vec{r}_{iC} = \sum_i \frac{1}{2m_i} \frac{d}{dt} (m_i \dot{\vec{r}}_{iC})^2 dt = dT_C + T_{1C} dt, \quad (67)$$

где  $T_C = \sum_i m_i (\dot{\vec{r}}_{iC})^2 / 2$ ,  $T_{1C} = \sum_i \dot{m}_i (\dot{\vec{r}}_{iC})^2 / 2$ . Простая выкладка с использованием равенств (62) и (65) приводит к следующим соотношениям:

$$T_C = \mu \vec{V}^2 / 2 = p_0 V / 2 \equiv T_C(V), \quad T_{1C} = \dot{\mu} \vec{V}^2 / 2, \quad \vec{V} = \dot{\vec{R}}. \quad (68)$$

Условие  $dA_C = 0$  дает (полагаем, что  $\mu \dot{\vec{R}}^2 \neq 0$ ):

$$\frac{dT_C}{dt} + T_C = 0 \rightarrow \mu \dot{R}^2 + \frac{\mu}{2} \frac{d}{dt} \dot{R}^2 = 0 \rightarrow \frac{d}{dt} \ln(\mu V) = 0 \rightarrow \mu V = const.$$

Последняя формула совпадает, как и должно быть, с первым из равенств (65).

Согласно (67) и (68), из условия движения по инерции (64) следует, что полная кинетическая энергия  $T_C$  частиц сохраняется лишь в случае частиц с постоянной массой. В силу (68) имеет место равенство

$$T_C dt = d\mu(\vec{V}^2 / 2) \equiv d\tilde{T}_C, \quad (69)$$

где величину  $\tilde{T}_C$  можно интерпретировать как энергию ИКИ-среды, порождаемой системой двух частиц с приведенной массой  $\mu$ , находящихся в состоянии ускоренного движения по инерции в системе центра масс  $K_C$ . Из условия движения по инерции (64) вытекает закон сохранения энергии:

$$T_C + \tilde{T}_C = const, \quad (70)$$

согласно которому движение двухчастичной системы по инерции происходит таким образом, что приращение  $dT_C$  полной кинетической энергии частиц компенсируется изменением  $d\tilde{T}_C$  энергии ИКИ-среды, порождаемой частицами. Используя соотношения (65), (68), (69) и результаты работы [14], можно получить следующее представление для энергии ИКИ-среды:

$$\tilde{T}_C = \frac{P_0}{2}(V_m - V) \equiv \tilde{T}_C(V), \quad (71)$$

где  $V_m = \max V$  – максимальное значение величины скорости  $V$ , соответствующее минимальному значению приведенной массы системы двух частиц:  $\min \mu = p_0 / V_m$ . Согласно (68) и (71), имеют место соотношения:

$$\tilde{T}_C(0) = T_C(V_m), \quad T_C(0) = 0, \quad \tilde{T}_C(V) = -T_C(V) + T_C(V_m) \geq 0, \quad dT_C = -d\tilde{T}_C = p_0 dV / 2.$$

Используя полярные координаты  $R, \phi_R$  радиус-вектора  $\vec{R}$ ,  $\vec{R} = R\vec{e}_R$ , и обозначая через  $V_R$  и  $V_{\phi_R}$  поступательную (радиальную) и вращательную компоненты вектора  $\vec{V}$ ,  $\vec{V} = V_R\vec{e}_R + V_{\phi_R}\vec{e}_{\phi_R}$ ,  $V_R = \dot{R}$ ,  $V_{\phi_R} = R\dot{\phi}_R$ ,  $\vec{e}_R = (\cos \phi_R, \sin \phi_R)$ ,  $\vec{e}_{\phi_R} = (-\sin \phi_R, \cos \phi_R)$ , величину  $dA_C$  (64) можно представить в виде суммы двух составляющих:

$$dA_C = dA_{CR} + dA_{C\phi_R}, \quad (72)$$

где  $dA_{C\alpha} = \vec{F}_{1C} d\vec{r}_{1C\alpha} + \vec{F}_{2C} d\vec{r}_{2C\alpha} = \vec{F}_\mu \vec{V}_\alpha dt$ ,  $\alpha = R, \phi_R$ ,  $dA_{CR}$  и  $dA_{C\phi_R}$  – поступательная и вращательная составляющие работы  $dA_C$ . Здесь учтено, что в соответствии с равенствами (58), (62) и (63)  $d\vec{r}_{1C\alpha} = (\mu/m_1)\vec{V}_\alpha dt$ ,  $d\vec{r}_{2C\alpha} = -(\mu/m_2)\vec{V}_\alpha dt$ ,  $\vec{V}_R = \dot{R}\vec{e}_R$ ,  $\vec{V}_{\phi_R} = [\vec{\omega}_R \vec{R}]$ ,  $\vec{\omega}_R = \dot{\phi}_R \vec{e}_z$ . Представляя силу инерции  $\vec{F}_\mu$  в виде разложения:  $\vec{F}_\mu = F_{\mu R}\vec{e}_R + F_{\mu\phi_R}\vec{e}_{\phi_R}$ , из условия криволинейной инерции (64) выводим соотношение

$$F_{\mu R}\dot{R} + F_{\mu\phi_R}R\dot{\phi}_R = 0, \quad (73)$$

связывающее между собой поступательную ( $F_{\mu R}$ ) и вращательную ( $F_{\mu\phi_R}$ ) компоненты вектора силы инерции. Величины  $dA_{C\alpha}$  и  $F_{\mu\alpha}$  выражаются следующим образом:

$$dA_{CR} = F_{\mu R}\dot{R}dt, \quad dA_{C\phi_R} = F_{\mu\phi_R}V_{\phi_R}dt = \vec{F}_\mu [\vec{\omega}_R \vec{R}]dt = \vec{\omega}_R d\vec{L} = \dot{\phi}_R \dot{L}dt, \quad (74)$$

$$F_{\mu R} = d(\mu\dot{R})/dt - \mu R\dot{\phi}_R^2, \quad F_{\mu\phi_R} = \mu R\dot{\phi}_R + \mu(2\dot{R}\dot{\phi}_R + R\ddot{\phi}_R) = (1/R)\dot{L},$$

где  $\vec{L} = [\vec{R}, \mu\vec{V}] = L\vec{e}_z$ ,  $L = \mu R^2\dot{\phi}_R$ ,  $\vec{L}$  – момент импульса относительного движения частиц. В силу (74) условие  $dA_{C\phi_R} = 0$  дает (при  $R\dot{\phi}_R \neq 0$ ):

$$\vec{L} = const \neq 0. \quad (75)$$

Согласно (73), при  $R\dot{\phi}_R \neq 0$  выполняется равенство  $F_{\mu\phi_R} = -(\dot{R}/R\dot{\phi}_R)F_{\mu R}$ , из которого

следует, что сила инерции  $\vec{F}_\mu$  является центральной при  $\dot{R} = 0$ , т.е. в случае, когда траекторией движения частицы является окружность. Аналогично, если момент импульса  $\vec{L}$  сохраняется, то  $F_{\mu\phi_R} = 0$ , как это следует из (74).

В силу (73)-(75), при  $R = const \neq 0$  и  $\dot{\phi}_R \neq 0$  имеют место соотношения:

$$\vec{F}_\mu = F_{\mu R} \vec{e}_R, \quad \vec{L} = L \vec{e}_z, \quad F_{\mu R} = -\mu R \dot{\phi}_R^2, \quad L = \mu R^2 \dot{\phi}_R = const. \quad (76)$$

Отсюда видно, что  $\mu \dot{\phi}_R = const$ . Поскольку  $\mu = p_0 / V$ ,  $V = R |\dot{\phi}_R|$ , сила инерции ведет себя следующим образом:  $F_{\mu R} = -p_0 |\dot{\phi}_R|$ . Следовательно, если вращательное движение частицы является неравномерным, т.е.  $\dot{\phi}_R = \dot{\phi}_R(t)$ , то приведенная масса частицы  $\mu$ , модуль вектора скорости  $V$  и сила инерции  $\vec{F}_\mu$  изменяются со временем. При этом, в силу (66), массы частиц  $m_1$  и  $m_2$  изменяются со временем, но величина  $\beta = m_1 / m_2$  остается постоянной, как и должно быть (см.(58)). Рассматриваемое движение характеризуется тем, что  $dA_{CR} = 0$  и  $dA_{C\phi_R} = 0$ , и, следовательно, является криволинейным движением двухчастичной системы по инерции в сильном смысле (в системе центра масс  $K_C$ ) [7].

Случай  $R \neq const$  проиллюстрируем на примере движения частицы по эллипсу:

$$R = R_* / (1 + e \cos \phi_R),$$

где  $R_*$  и  $e$  – фокальный параметр и эксцентриситет эллипса, соответственно. Полагая эксцентриситет малым ( $e \ll 1$ ) и величину  $\dot{\phi}_R$  постоянной ( $\dot{\phi}_R = const \neq 0$ ), сохраняем лишь величины порядка  $e$ . Учитывая соотношения (74) и равенства  $\mu = p_0 / V$ ,  $\dot{R} / (R \dot{\phi}_R) = e \sin \phi_R$ ,  $V = R |\dot{\phi}_R|$ , получаем следующие выражения для силы инерции и момента импульса:

$$\vec{F}_\mu = (\vec{e}_R - e \sin \phi_R \vec{e}_{\phi_R}) F_{\mu R}, \quad F_{\mu R} = -p_0 |\dot{\phi}_R| (1 - e \cos \phi_R), \quad L = p_0 R_* (1 - e \cos \phi_R) \text{sign} \dot{\phi}_R. \quad (77)$$

Согласно (76) и (77), сила инерции  $\vec{F}_\mu$ , действующая на частицу двухчастичной системы, существенно отличается от кулоновской силы. Величина и направление силы  $\vec{F}_\mu$  зависят от формы траектории движения частицы, изменяясь со временем при перемещении частицы вдоль траектории. В рассматриваемом приближении, в силу (77), величины  $F_{\mu R}$  и  $L$  ведут себя, как функции  $R$ , следующим образом:

$$F_{\mu R} = -p_0 (R / R_*) |\dot{\phi}_R|, \quad L = p_0 R \text{sign} \dot{\phi}_R.$$

Отсюда следует, что если частота  $\dot{\phi}_R$  не изменяется со временем, то величины  $F_{\mu R}$  и  $L$ , рассматриваемые как функции расстояния  $R$  между частицами, изменяются при движении частиц пропорционально  $R$ . Как видим, закон Кулона не имеет места в двухчастичной системе при криволинейном движении частиц по инерции.

Исследуем теперь ускоренное движение по инерции в ИСО  $K$ . Условие движения по инерции выражается равенством

$$dA = \vec{F}_1 d\vec{r}_1 + \vec{F}_2 d\vec{r}_2 = 0, \quad (78)$$

где в соответствии с (59), (61) – (63)

$$\vec{F}_i = \frac{d\vec{p}_i}{dt}, \quad \vec{p}_i = m_i \dot{\vec{r}}_i, \quad \vec{r}_i = \vec{R}_C + \vec{r}_{iC}, \quad (i=1,2), \quad \vec{r}_{1C} = \frac{\mu}{m_1} \vec{R}, \quad \vec{r}_{2C} = -\frac{\mu}{m_2} \vec{R}, \quad (79)$$

$$\vec{F}_1 = \frac{d}{dt} (m_1 \vec{V}_C + \mu \vec{V}), \quad \vec{F}_2 = \frac{d}{dt} (m_2 \vec{V}_C - \mu \vec{V}), \quad \vec{V}_C = \dot{\vec{R}}_C, \quad \vec{V} = \dot{\vec{R}}.$$

Согласно (79), в системе отсчета  $K$  импульс частицы состоит из двух компонент:  $\vec{p}_i = m_i \dot{\vec{R}}_C + m_i \dot{\vec{r}}_{iC}$ . Одна из них пропорциональна скорости движения центра масс  $\vec{V}_C$ , а вторая – скорости относительного движения частиц  $\vec{V}$ . Соответственно этому, силу инерции также можно представить в виде суммы двух компонент:

$$\vec{F}_1 = (\beta_1 / \beta_3) \vec{F}_m + \vec{F}_\mu, \quad \vec{F}_2 = (\beta_2 / \beta_3) \vec{F}_m - \vec{F}_\mu, \quad \vec{F}_m = d(m\vec{V}_C) / dt, \quad \vec{F}_\mu = d(\mu\vec{V}) / dt, \quad (80)$$

причем

$$\vec{F}_1 = +\vec{F}_\mu, \quad \vec{F}_2 = -\vec{F}_\mu \text{ при } \vec{V}_C = 0. \quad (81)$$

При выводе соотношений (80) использованы равенства (66). Как видно из (80), результирующая сила инерции дается формулой

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = d(m\vec{V}_C) / dt \equiv \vec{F}_m, \quad (82)$$

согласно которой результирующая сила инерции  $\vec{F}_m$  не зависит от скорости относительного движения частиц и определяется полной массой  $m$  системы частиц и скоростью движения  $\vec{V}_C$  центра масс. Учитывая формулы (78) и (79), найдем:

$$\begin{aligned} dA &= (\vec{V}_C + \frac{\mu}{m_1} \vec{V}) d(m_1 \vec{V}_C + \mu \vec{V}) + (\vec{V}_C - \frac{\mu}{m_2} \vec{V}) d(m_2 \vec{V}_C - \mu \vec{V}) = \\ &= \vec{V} d(\mu \vec{V}) + \vec{V}_C d(m \vec{V}_C) = 0, \quad m = m_1 + m_2. \end{aligned} \quad (83)$$

Из сравнения величин  $dA$  (83) и  $dA_C$  (64) видно, что эти величины совпадают при  $\vec{V}_C = 0$ , т.е. при условии, что в системе отсчета  $K$  центр масс неподвижен. Согласно (81), при указанном условии действующие на частицы силы инерции  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  равны по величине и противоположны по направлению.

Выражение  $dA$  (83) можно представить в виде суммы двух компонент:

$$dA = dA_\mu + dA_m, \quad (84)$$

где

$$dA_\mu = \vec{V} d(\mu \vec{V}) = \vec{F}_\mu d\vec{R}, \quad dA_m = \vec{V}_C d(m \vec{V}_C) = \vec{F}_m d\vec{R}_C, \quad (85)$$

силы инерции  $\vec{F}_\mu$  и  $\vec{F}_m$  даются формулами (80). Компонента  $dA_\mu$  представляет собой работу, совершаемую силами инерции над частицами при их относительном движении. Она зависит от приведенной массы  $\mu$  и от скорости  $\vec{V}$  относительного движения частиц и совпадает с величиной  $dA_C$  (64). Вторая компонента работы,  $dA_m$ , зависит от полной массы  $m$  частиц и от скорости  $\vec{V}_C$  движения центра масс  $C$  в системе отсчета  $K$ . Эта компонента имеет смысл работы, совершаемой силами инерции при перемещении центра масс системы, т.е. при перемещении в пространстве системы двух частиц как целого.

Как видно из (84) и (85), систему двух частиц с массами  $m_1$  и  $m_2$ , находящуюся в состоянии криволинейной инерции, можно рассматривать как совокупность частиц с массами  $\mu$  и  $m$ . Следует подчеркнуть, что имеется качественное различие между упомянутыми выше частицами. Частица с массой  $\mu$  ( $\mu$ -частица) представляет собой совокупность двух точечных частиц, отделенных друг от друга расстоянием  $R$  и вращающихся вокруг центра масс. По существу,  $\mu$ -частица является нелокальной системой, которая характеризуется линейным размером  $R$  и испытывает действие равных по величине и направленных противоположно сил инерции  $\pm \vec{F}_\mu$  (см. (81)). Частица же с массой  $m$  ( $m$ -частица) представляет собой точечную частицу, которая в системе отсчета  $K$  перемещается, испытывая действие силы инерции  $\vec{F}_m$ . Отметим, что результирующая сила инерции, действующая на систему двух частиц, равна силе  $\vec{F}_m$ , а не сумме сил инерции  $\vec{F}_\mu$  и  $\vec{F}_m$  ((см. (82)). Это связано с тем, что действующие на частицы силы инерции  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  (см. (80)) содержат компоненты  $+\vec{F}_\mu$  и  $-\vec{F}_\mu$ , которые взаимно компенсируются в выражении для результирующей силы инерции.

Выражение для  $dA$  (84) удобно записать в следующей форме:

$$dA = (1/2\mu) d((\mu \vec{V})^2 + \mu m \vec{V}_C^2). \quad (86)$$

Из условия ускоренного движения по инерции  $dA = 0$  выводим:

$$(\mu\vec{V})^2 + \mu m \vec{V}_C^2 = \mu^2 (\vec{V}^2 + \beta_3 \vec{V}_C^2) \equiv P_0^2 = const. \quad (87)$$

При выводе этого соотношения учтено равенство  $\mu/m = 1/\beta_3 = const$  (см. (66)). С помощью равенства (87) вычислим величины  $\mu$  и  $d(\mu V)/dt$ :

$$\mu = P_0 / \sqrt{\vec{V}^2 + \beta_3 \vec{V}_C^2}, \quad d(\mu V)/dt = -(V_C / V) d(m V_C) / dt = -(\vec{V}_C / V) d(m \vec{V}_C) / dt. \quad (88)$$

В соотношениях (86)-(88) величины  $\mu\vec{V} \equiv \vec{p}_\mu$  и  $m\vec{V}_C \equiv \vec{p}_m$  имеют смысл импульсов  $\mu$ -частицы и  $m$ -частицы, соответственно, в системе отсчета  $K$ ; равенство (87) дает связь между ними:  $\vec{p}_\mu^2 + \vec{p}_m^2 / \beta_3 = P_0^2$ . Как видно из (88), характерная особенность системы двух частиц состоит в том, что величина ее приведенной массы зависит не только от относительного движения частиц, но и от движения центра масс системы.

Величину  $dA$  (78) можно представить в виде, аналогичном (67):

$$dA = \sum_i \vec{F}_i d\vec{r}_i = dT + T_1 dt = 0, \quad (89)$$

где

$$T = \sum_i m_i (\dot{\vec{r}}_i)^2 / 2, \quad T_1 = \sum_i \dot{m}_i (\dot{\vec{r}}_i)^2 / 2.$$

Несложные выкладки приводят к следующим соотношениям, обобщающим равенства (68):

$$T = \mu \dot{R}^2 / 2 + m \dot{R}_C^2 / 2, \quad T_1 = \mu \dot{R}^2 / 2 + m \dot{R}_C^2 / 2. \quad (90)$$

Полагая  $T_1 dt = d\tilde{T}$  и используя соотношения (88)-(90), из условия (89) движения по инерции получаем закон сохранения энергии двухчастичной системы:

$$T + \tilde{T} = const, \quad (91)$$

где

$$T = (P_0 / 2) \sqrt{\vec{V}^2 + \beta_3 \vec{V}_C^2}, \quad \tilde{T} = (P_0 / 2) \left( \sqrt{\vec{V}_m^2 + \beta_3 \vec{V}_{mC}^2} - \sqrt{\vec{V}^2 + \beta_3 \vec{V}_C^2} \right). \quad (92)$$

Здесь  $T = T(V, V_C)$  и  $\tilde{T} = \tilde{T}(V, V_C)$  – кинетическая энергия системы двух частиц и энергия ИКИ-среды, генерируемой частицами при их ускоренном движении по инерции, соответственно;  $V_m = \max V$ ,  $V_{mC} = \max V_C$ . Постоянная в выражении (91) определена из условия:  $\tilde{T}(V_m, V_{mC}) = 0$ . Соотношения (91) и (92) обобщают равенства (70) и (71) на случай ускоренного движения по инерции двух частиц в инерциальной системе отсчета.

Аналогичное исследование несложно выполнить и в ИСО  $K'$ , движущейся со скоростью  $\vec{V}_0$  относительно системы отсчета  $K$ . Приведенную массу и радиус-вектор центра масс в системе отсчета  $K'$  обозначим через  $\mu'$  и  $\vec{R}'_C$ ,  $\mu' = \frac{m'_1 m'_2}{m'_1 + m'_2}$ ,  $\vec{R}'_C = \frac{m'_1 \vec{r}'_1 + m'_2 \vec{r}'_2}{m'_1 + m'_2}$ . В системах отсчета

$K$  и  $K'$  радиус-векторы и векторы скорости частиц связаны между собой равенствами (54), а векторы скорости центра масс – равенством:

$$\vec{V}_C = \vec{V}'_C + \vec{V}_0, \quad (93)$$

где  $\vec{V}_C = \dot{\vec{R}}_C$ ,  $\vec{V}'_C = \dot{\vec{R}}'_C$ . Полагаем, что массы частиц  $m'_1, m'_2$  и полная масса  $m'$  ( $m' = m'_1 + m'_2$ ) связаны между собой и с приведенной массой  $\mu'$  соотношениями, аналогичными равенствам (57) и (66):

$$m'_1 / m'_2 = \beta', \quad m'_1 = \beta'_1 \mu', \quad m'_2 = \beta'_2 \mu', \quad m' = \beta'_3 \mu', \quad (94)$$

где  $\beta'$  и  $\beta'_i$  – постоянные, которые совпадают, в силу (58), с постоянными  $\beta$  и  $\beta_i$ ,  $i=1,2,3$ , соответственно.

Условие криволинейного движения по инерции имеет вид (ср. с условием (78)):

$$dA' = \vec{F}'_1 d\vec{r}'_1 + \vec{F}'_2 d\vec{r}'_2 = 0, \quad (95)$$

где  $\vec{r}'_i$  и  $\vec{F}'_i$  – радиус-векторы частиц и действующие на частицы силы инерции в системе отсчета  $K'$ . Указанные величины определяются формулами, аналогичными (79). Приведем эти формулы:

$$\vec{F}'_i = \frac{d\vec{p}'_i}{dt}, \quad \vec{p}'_i = m'_i \dot{\vec{r}}'_i, \quad \vec{r}'_i = \vec{R}'_C + \vec{r}_{iC}, \quad (i=1,2), \quad \vec{r}_{1C} = \frac{\mu'}{m'_1} \vec{R}, \quad \vec{r}_{2C} = -\frac{\mu'}{m'_2} \vec{R}, \quad (96)$$

$$\vec{F}'_1 = \frac{d}{dt}(m'_1 \vec{V}'_C + \mu' \vec{V}), \quad \vec{F}'_2 = \frac{d}{dt}(m'_2 \vec{V}'_C - \mu' \vec{V}), \quad \vec{V}'_C = \dot{\vec{R}}'_C, \quad \vec{V} = \dot{\vec{R}}.$$

Выражение  $dA'$  (95) можно преобразовать к виду, аналогичному (84) и (85):

$$dA' = dA'_{\mu'} + dA'_{m'}, \quad dA'_{\mu'} = \vec{V} d(\mu' \vec{V}) = \vec{F}'_{\mu'} d\vec{R}, \quad dA'_{m'} = \vec{V}'_C d(m' \vec{V}'_C) = \vec{F}'_{m'} d\vec{R}'_C, \quad (97)$$

где

$$\vec{F}'_{\mu'} = d(\mu' \vec{V}) / dt \quad \text{и} \quad \vec{F}'_{m'} = d(m' \vec{V}'_C) / dt - \quad (98)$$

силы инерции, действующие на частицы с массами  $\mu'$  и  $m' = m'_1 + m'_2$  ( $\mu'$ - и  $m'$ -частицы в системе отсчета  $K'$  аналогичны  $\mu$ - и  $m$ -частицам в системе отсчета  $K$ ). Физический смысл составляющих работы  $dA'_{\mu'}$  и  $dA'_{m'}$  очевиден: первая дает работу, совершаемую силами инерции над частицами при их движении друг относительно друга в системе отсчета  $K'$ , а вторая – работу сил инерции в указанной системе отсчета, совершаемую при перемещении системы частиц как целого. С помощью равенств (95)-(98) нетрудно получить соотношения, которые аналогичны (86)-(88) и имеют место в системе отсчета  $K'$ . Опуская промежуточные выкладки, приведем аналог формулы (87) и формулу для  $\mu'$ , которые потребуются в дальнейшем:

$$(\mu' \vec{V})^2 + \mu' m' (\vec{V}'_C)^2 \equiv P_0'^2, \quad \mu' = P_0' / \sqrt{V^2 + \beta_3 (\vec{V}'_C)^2}, \quad P_0' = const. \quad (99)$$

Полученные выше формулы для  $\mu$  (88) и  $\mu'$  (99) определяют приведенную массу рассматриваемой нами системы частиц в ИСО  $K$  и  $K'$ . Чтобы получить соотношение, связывающее величины  $\mu$  и  $\mu'$ , в формуле для  $\mu$  (88) нужно использовать правило сложения скоростей  $\vec{V}'_C = \vec{V}'_C + \vec{V}_0$  (см.(93)). Учитывая это правило, находим:

$$\mu = P_0 / \sqrt{V^2 + \beta_3 (\vec{V}_0 + \vec{V}'_C)^2}. \quad (100)$$

Поскольку при  $\vec{V}_0 = 0$  система отсчета  $K'$  совпадает с  $K$ , т.е.  $\mu' = \mu$ ,  $m' = m$ , то должно выполняться равенство:  $P_0 = P_0'$ . Исключая  $P_0$  из (99) и (100), получаем искомую формулу, связывающую  $\mu$  и  $\mu'$ :

$$\mu = \mu' \frac{\sqrt{\vec{V}^2 + \beta_3 (\vec{V}'_C)^2}}{\sqrt{\vec{V}^2 + \beta_3 (\vec{V}_0 + \vec{V}'_C)^2}}. \quad (101)$$

Формулы, связывающие полную массу системы и массы отдельных частиц в системе отсчета  $K$  с соответствующими им величинами в системе отсчета  $K'$ , получаем с помощью равенств (94) и (101):

$$m / m' = \mu / \mu' = m_i / m'_i, \quad i = 1, 2. \quad (102)$$

Если при криволинейном движении двухчастичной системы по инерции одновременно с равенством  $dA = 0$  имеют место равенства  $dA_{\mu} = 0$ ,  $dA_m = 0$  (см. (84)), то такое состояние движения будем называть **криволинейной инерцией в сильном смысле**. В этом состоянии движения отсутствует перераспределение энергии между степенями свободы, отвечающими относительному движению частиц, и степенями свободы, связанными с движением системы частиц как целого. Если же  $dA_{\mu} = -dA_m \neq 0$ , то это значит, что движение системы частиц по инерции сопровождается перекачкой энергии из подсистемы, связанной с относительным движением частиц, в подсистему, относящуюся к движению центра масс системы частиц, и в обратном направлении; такое состояние движения будем называть **слабой криволинейной инерцией**. Очевидно, что состояния слабой криволинейной инерции можно отличать друг от

друга по величине параметра  $dA_\mu / dt \neq 0$ , характеризующего перекачку энергии между указанными выше подсистемами.

Более детальное исследование ускоренного движения по инерции двухчастичной системы начнем с рассмотрения такого состояния движения, в котором центр масс системы двух частиц в системе отсчета  $K'$  покоится, т.е.  $\vec{V}'_C = 0$ . Согласно соотношениям (97) и (98), в указанном состоянии движения выполняются следующие равенства:

$$dA' = 0, \quad dA'_\mu = \vec{F}'_\mu \cdot d\vec{R} = \vec{V}' d(\mu' \vec{V}') = 0, \quad dA'_m = 0, \quad \vec{F}'_\mu = d(\mu' \vec{V}') / dt, \quad \vec{F}'_m = 0. \quad (103)$$

Очевидно, что в системе отсчета  $K$  центр масс движется со скоростью  $\vec{V}_C = \vec{V}_0$ . Поэтому, в силу (78), (80), (84) и (85),

$$dA = dA_\mu + dA_m = 0, \quad dA_\mu = V d(\mu V), \quad \vec{F}_\mu = d(\mu \vec{V}) / dt, \quad dA_m = V_0^2 dm, \quad \vec{F}_m = m \vec{V}_0. \quad (104)$$

Как видно из (103) и (104), состояния ускоренного движения по инерции двухчастичной системы в инерциальных системах отсчета  $K'$  и  $K$  существенно различны. Частицы движутся ускоренно по инерции в системах отсчета  $K'$  и  $K$ , соответственно, в сильном и слабом смыслах. Это значит, что в системе отсчета  $K'$  не происходит перераспределения энергии между степенями свободы, относящимися к относительному движению частиц и к движению центра масс, в то время как в системе отсчета  $K$  указанное перераспределение имеет место.

Физические характеристики в системе отсчета  $K'$  имеют вид (см. (73), (74), (94), (99)):

$$\begin{aligned} \mu' &= P_0 / V, \quad m' = \beta_3 \mu', \quad m'_i = \beta_i \mu', \quad i=1,2, \quad V = \sqrt{\dot{R}^2 + (R\dot{\phi}_R)^2}, \\ F'_{\mu R} &= d(\mu' \dot{R}) / dt - \mu' R \dot{\phi}_R^2, \quad F'_{\mu \phi_R} = \dot{L}' / R, \quad L' = \mu' R^2 \dot{\phi}_R. \end{aligned} \quad (105)$$

Выше мы положили  $P'_0 = P_0$ . Согласно (105), при  $R = const \neq 0$ ,  $\dot{\phi}_R \neq 0$  получаем:

$$V = R |\dot{\phi}_R|, \quad F'_{\mu R} = -P_0 |\dot{\phi}_R|, \quad F'_{\mu \phi_R} = 0. \quad (106)$$

Отсюда видно, что величины  $V, \mu', m', F'_{\mu R}$  являются постоянными при  $\dot{\phi}_R = const$  и изменяются со временем при  $\dot{\phi}_R = \dot{\phi}_R(t)$ .

Для сравнения приведем физические характеристики в системе отсчета  $K$ :

$$\begin{aligned} \mu &= P_0 / \sqrt{V^2 + \beta_3 V_0^2}, \quad m = \beta_3 \mu, \quad m_i = \beta_i \mu, \quad i=1,2, \\ F_{\mu R} &= d(\mu \dot{R}) / dt - \mu R \dot{\phi}_R^2, \quad F_{\mu \phi_R} = \dot{L} / R, \quad L = \mu R^2 \dot{\phi}_R. \end{aligned} \quad (107)$$

Из (106) и (107) следует, что при  $R = const \neq 0$ ,  $\dot{\phi}_R = \dot{\phi}_R(t) \neq 0$  приведенная масса  $\mu$  и момент импульса  $L$  являются функциями времени и поэтому отличными от нуля являются следующие компоненты вектора силы инерции:

$$F_{\mu \phi_R} = R(\dot{\mu} \dot{\phi}_R + \mu \ddot{\phi}_R), \quad \vec{F}_m = \beta_3 \dot{\mu} \vec{V}_0, \quad (108)$$

где  $\dot{\mu} = -P_0 \dot{V} / V^2 = -\mu \dot{V} / V$  при  $\beta_3 V_0 \ll V$ . Отметим, что сила инерции  $\vec{F}_m$  является реактивной составляющей силы инерции, действующей на  $m$ -частицу в системе отсчета  $K$  (т.к.  $\vec{F}_m = m \vec{V}_0$ , см.(104)). Отметим также, что сила инерции, обусловленная относительным движением частиц, является центральной в системе отсчета  $K'$  и перестает быть центральной в системе отсчета  $K$ , как это видно из (106) и (107). Согласно (105) и (107), приведенные массы частицы в системах отсчета  $K'$  и  $K$  отличаются на величину  $\Delta\mu = \mu' - \mu = (1/2)\mu'\beta_3^2(V_0/V)^2$ , которая пропорциональна квадрату относительной скорости движения систем отсчета. Имеют место соотношения:

$$dA = 0, \quad dA_\mu = -dA_m = -\beta_m V_0^2 d\mu. \quad (109)$$

Из полученных результатов видно, что в системе отсчета  $K'$  имеет место частный случай криволинейной инерции в сильном смысле. Вследствие того, что центр масс системы покоится, отсутствует перераспределение энергии между степенями свободы, связанными с относительным движением частиц и движением центра масс. Но в системе отсчета  $K$  происходит движение по инерции в слабом смысле, так как в процессе движения системы энергия непре-

рывно перераспределяется между указанными выше степенями свободы.

Исследование показывает, что справедлив следующий общий результат: если в ИСО  $K'$  система двух частиц находится в состоянии криволинейного движения по инерции в сильном смысле, то с точки зрения любой другой ИСО  $K$ , движущейся относительно системы отсчета  $K'$ , частицы движутся ускоренно по инерции в слабом смысле. Это значит, что с точки зрения  $K$ -наблюдателя в рассматриваемой системе двух частиц происходит перераспределение энергии между степенями свободы, связанными с относительным движением частиц, и степенями свободы, связанными с движением центра масс.

Следует подчеркнуть, что в системе двух частиц, совершающих ускоренное движение по инерции, взаимодействие между частицами обусловлено действием на частицы сил инерции. Согласно соотношениям (80), в инерциальной системе отсчета каждая из сил инерции состоит из двух компонент, одна из них определяется относительным движением частиц, а вторая – движением центра масс двухчастичной системы.

## 5. Заключение

Решение проблемы Фейнмана сводится к ответу на вопрос: какой механизм скрыт за законом всемирного тяготения (за законом Кулона)? Поскольку речь идет о физическом механизме, то вопрос можно переформулировать так: какие физические процессы ответственны за взаимодействие между отдельными частицами, составляющими материальные тела?

Наблюдения за планетами Солнечной системы показывают, что закон всемирного тяготения хорошо описывает их движение. Справедливость закона всемирного тяготения подтверждают опыты Кавендиша, относящиеся к макротелам. Можно ли экстраполировать этот закон на взаимодействие между отдельными частицами? Согласно общепринятым представлениям, закон Кулона является фундаментальным и универсальным законом природы, которому подчиняются в равной степени как макротела, так и элементарные частицы. Обоснованы ли эти представления?

Заметим, прежде всего, что опыты по проверке закона Кулона для отдельных частиц никогда не проводились. Несмотря на это, большинство физиков убеждено в том, что закон Кулона справедлив и для элементарных частиц. По-видимому, эта уверенность связана с простой формулой, описывающей закон Кулона, т.е. основана на представлении о том, что природа предпочитает простые решения своих проблем. Если, согласно данным опыта и наблюдений, закон всемирного тяготения справедлив для макротел, то неужели возможно, чтобы природа распорядилась подчинить взаимодействие между отдельными частицами более сложному закону? В какой-то мере эти соображения объясняют, почему уже более 300 лет область применимости закона всемирного тяготения безоговорочно распространяется на взаимодействие между частицами вещества.

Живучесть предрассудков в науке объясняется могуществом фундаментальных физических принципов, провозглашаемых как твердо установленные, незыблемые истины, которым нужно следовать безоговорочно и нарушать которые непозволительно. В качестве подтверждения этой мысли можно привести **закон движения Аристотеля**, согласно которому **тело движется до тех пор, пока на него действует сила**. Справедливость этого закона не подвергалась сомнению в течение почти двух тысячелетий. Он казался очевидной истиной, которая подтверждается на каждом шагу. Действительно, наблюдения за движением телеги свидетельствовали о том, что телега движется до тех пор, пока ее тащит лошадь. И только Декарт и Галилей осознали, что тело может перемещаться и без приложения к нему силы и что примером такого движения может служить движение свободного тела по инерции.

В механике Ньютона принимается, что существует единственный вид движения тела по инерции – равномерное и прямолинейное движение и что тело может перемещаться с ускорением только под действием внешней силы, т.е. ускоренное движение тела является непременно вынужденным. Эти утверждения провозглашаются фундаментальными принципами, следующими из данных опыта и наблюдений. Оказывается, однако, что существует огромный класс (континуум) криволинейных движений по инерции (КДИ), представляющих собой диалектические противоположности по отношению к вынужденным ускоренным движениям [6,7]. Становится очевидным, что невозможно построить адекватную природе физическую картину мира,

не принимая во внимание КДИ, поскольку они играют в природе фундаментальную роль. Игнорируя КДИ, нельзя понять физическую сущность гравитации [8], устранить трудности электродинамики, т.е. решить проблему Дирака [12-15], установить физический механизм, скрытый за законом Кулона [9-11].

История развития исследований по проблеме движения (закон движения Аристотеля, движения по инерции) свидетельствует о том, что фундаментальные принципы из стимула к развитию превращаются со временем в тяжкие оковы, преодоление которых требует огромных усилий в течение длительного времени. Причина состоит в том, что фундаментальные принципы, на основе которых проводятся исследования, содержат необоснованные ограничения (запреты) на движение частиц и полей, вследствие чего оказывается невозможным выявление физических механизмов изучаемых процессов. Исследования приводят к построению формальных схем (моделей) исследуемого процесса, которые описывают процесс, но не позволяют объяснить его физическое содержание.

Примером может служить закон всемирного тяготения для точечных частиц, который можно вывести, используя теорему Гаусса, если предположить, что кулоновское поле точечной частицы можно рассматривать как внешнее поле. Анализ показывает, однако, ошибочность этого предположения (см. раздел 2). Внесение измерительного прибора, в качестве которого используется пробная точечная частица, в точку наблюдения кулоновского поля, создаваемого исходной частицей, вызывает существенное искажение как исследуемого поля, так и состояния движения исходной частицы, а также изменяет физические свойства пространства. Это значит, что указанное предположение неверно: кулоновское поле точечной частицы не обладает свойствами внешнего поля. Следовательно, **применение закона Кулона к отдельным частицам незаконно.**

Согласно результатам исследования, содержащегося в данной работе, не существует реального, физического механизма взаимодействия между точечными частицами, скрытого за законом всемирного тяготения. Как показывают данные опыта и наблюдений, последний хорошо описывает взаимодействие между макротелами. Это объясняется тем, что кулоновское поле, создаваемое макротелами, изменяется очень незначительно при внесении в область его действия небольших пробных тел, т.е. оно ведет себя как внешнее поле. Физическая картина взаимодействия между отдельными частицами совершенно иная: силы инерции, действующие на частицы при их движении по криволинейным траекториям, оказываются значительными по величине. Именно эти силы ответственны за взаимодействие между отдельными частицами. Исследование показывает, что силы инерции, вообще говоря, существенно отличаются от кулоновских сил. Имеются, однако, случаи, когда сила инерции отличается от кулоновской силы малыми поправками. В частности, это имеет место, если масса частиц не изменяется со временем, а траекторией движения является эллипс с малым эксцентриситетом [11].

### Л и т е р а т у р а :

1. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: «Наука», 1987. – С. 33–34.
2. Дирак П.А.М. Собрание научных трудов. Т. IV. Гравитация и космология. Воспоминания и размышления (лекции, научные статьи 1937-1984 гг.). / Под общ. ред. А.Д. Суханова. – М.: Физматлит, 2005. – С. 197; Dirac P.A.M. Directions in Physics: Lectures Delivered During a Visit to Australia and New Zealand, August/September 1975 / Edited by H. Hora and J.R. Shepanski. – New York: John Wiley & Sons, 1978.
3. Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики. – М.: Наука, 1979.
4. Dirac P.A.M. The relativistic electron wave equation. – Tallahassee: Florida State University, 1977.
5. Дирак П.А.М. Лекции по квантовой теории поля. – М.: Мир, 1971.
6. Олейник В.П., Прокофьев В.П. Вращательная инерция и ее физические следствия. Что такое гравитация? // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2008. – Т. 8. – №2(30). – С. 23–56.
7. Олейник В.П. Новый подход к проблеме движения: ускоренные движения по инерции. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2009. – Т. 9. – №3(35). – С. 24–56.
8. Олейник В.П. О физической природе гравитации. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2010. – Т. 10. – №3(39). – С. 24–55.
9. Олейник В.П. Криволинейные движения по инерции и закон Кулона. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2012. – Т. 12. – №3(47). – С. 34–39.
10. Олейник В.П. О физической сущности явления криволинейного движения по инерции. Классическая частица как открытая самоорганизующаяся система. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2013. – Т. 13. – №2(50). – С. 13–46.

11. Олейник В.П. Закон всемирного тяготения и криволинейное движение по инерции. О физической природе силы, регистрируемой в опыте Кавендиша. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2013. – Т. 13. – №4(52). – С. 11–32.
12. Олейник В.П. Проблема Дирака. Обобщение уравнений Максвелла для электромагнитного поля. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2014. – Т. 14. – №3. – С. 5–17.
13. Олейник В.П. Проблема Дирака, часть 2. Электромагнитное взаимодействие как прямое следствие законов механики. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2014. – Т. 14. – №4. – С. 5–23.
14. Олейник В.П. Проблема Дирака, часть 3. Электромагнитное поле и криволинейное движение по инерции. Приложение к модели атома и холодному синтезу ядер. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2015. – Т. 15. – №1. – С. 32–61.
15. Олейник В.П. Решение проблемы Дирака: физические следствия. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. – 2016. – Т. 16. – №1(61) – С. 44–55.
16. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Наука, 1973.

*Статья поступила в редакцию 01.03.2017 г.*

*Oleinik V.P.*

**Solution to the Feynman problem: physical consequences.  
Accelerated motions by inertia and inertial forces**

The fundamental problem formulated by R. Feynman is solved: **to establish a mechanism hidden behind the law of gravitation** (Coulomb's law). Paradoxically, Coulomb's law has been an important tool for scientific research for several centuries, but the physical mechanism of interaction between particles is still unknown. The validity of the universal gravitation law is confirmed by the experiments of Cavendish for macrobodies and by the observations of the solar system planets motion. Most physicists believe that the Coulomb law describes the interaction not only between stars, planets and macrobodies, but also between individual particles, although there are no experimental data confirming its validity for individual particles. Disclosure of the physical mechanism of interaction between particles is one of the most important problems in physics. Ignorance of the physical nature of the interaction inhibits many studies - on cold nuclear fusion, on the control of gravity, on the creation of engines without the release of reactive mass, and others.

It is shown that the introduction of a test point classical particle (considered as a measuring instrument) into the region of action of the Coulomb field produced by the initial point particle significantly distorts the Coulomb field and substantially changes the state of motion of the initial particle. The resultant Coulomb field arising when the Coulomb fields of the initial and probe particles are superimposed differs significantly from the Coulomb field of the original particle. This means that the Coulomb field generated by a point particle does not have the properties of an external field. In deriving the universal gravitation law, it is assumed that the Coulomb field of each particle acts on an adjacent particle as an external field. Consequently, **the extrapolation of the universal gravitation law to the interaction between individual particles is inadmissible, its use in description of the interaction between particles is a serious error.**

The mechanism of interaction between particles, hidden behind the gravitation law, has a formal, abstract character. The Coulomb field attributed to individual particles appears as a solution to the phenomenological equation. Behind it, there is no real, physical field that could be detected by experience. The Coulomb law is a consequence of the gravity model that satisfies the requirement to strictly conform to the fundamental principles proclaimed by the Newtonian scheme of mechanics. The latter, owing to its incompleteness, can give an approximate description of the phenomenon under consideration, but it is not capable of explaining its physical essence.

**The interaction between the particles is due to the inertia forces acting on the particles as they move along curvilinear trajectories by inertia.** These motions represent the most fundamental motions responsible for the self-organization of matter. In general, the inertia forces essentially differ from the Coulomb forces, although there are cases when the inertia force differs from the Coulomb force by small corrections. **Accelerated motions by inertia** (AMI) can be accompanied by processes of transformation of the particle mass into the medium **induced by the curvilinear inertia** (ICI medium) and inverse processes that cause a change in mass with time. In an inertial reference frame, the particle mass can vary over a wide range, from the smallest value at points corresponding to the maximum particle velocity, to infinity at the turning points. A particle that performs AMI has its own angular momentum (spin), which, as the mass of the particle, can vary in time within a wide range. This means that in nature the symmetry that connects bosons and fermions can exist, i.e. supersymmetry.

*Keywords:* the universal gravitation law, Coulomb's law, curvilinear (accelerated) motions by inertia, medium **induced by curvilinear inertia** (ICI-medium), the change in mass and spin of particle with time, accelerated motions by inertia (AMI) and supersymmetry.

Букалов А.В.

## О СТРУКТУРЕ ВАКУУМА И ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ НА ПЛАНКОВСКИХ МАСШТАБАХ

Центр физических и космических исследований, Международный институт соционики,  
ул.Мельникова, 12, г.Киев-50, 04050, Украина. e-mail: [bukalov.physics@socionic.info](mailto:bukalov.physics@socionic.info)

На основании модели пространства П.И. Фомина и космологической модели со сверхпроводимостью, предложенной автором, позволяющей получить наблюдаемое значение плотности энергии вакуума, предложена гипотеза об отсутствии хаотических квантовых флуктуаций на планковских масштабах. Рассматривается постулат о квантовой упорядоченности планковских доменов, образующих, подобно атомам в кристаллической решетке, упорядоченные структуры с квантовым движением, орбитами и квантовыми энергетическими уровнями. Поэтому, подобно тому, как атомы в кристалле упорядочены, а их электроны не излучают, находясь на стационарных орбитах, так и планковские домены — «атомы» пространства-времени — представляют собой упорядоченные квантовые вихри, которые не излучают в отсутствие возмущений.

*Ключевые слова:* квантовая гравитация, сверхпроводимость, планковская длина, гравитационный квантовый вихрь, «атомы» пространства-времени, массы элементарных частиц.

### 1. Введение

Как принято считать после работ Дж. Уилера [1], на планковских масштабах пространство-время имеет пеннистую хаотическую структуру. Поэтому вычисления в рамках квантовой гравитации на этих масштабах оказываются невозможными ввиду нарастающих расходимостей. В то же время существуют и альтернативные модели, в которых пространство-время состоит из дискретных доменов. Одной из таких моделей является модель кристаллоподобной структуры пространства-времени на планковских расстояниях, предложенная П.И. Фоминым. Вычисления показывают, что домены планковской массы могут взаимодействовать между собой квадрупольными гравитационными силами и образовывать решетку, напоминающую структуру кристалла [2, 3]. В рамках этой модели предложено рассматривать известные элементарные частицы как квантовые возбуждения квазикристаллической планковской решетки, т.е. как аналог фононов. Однако эта модель имеет общий характер и не позволяет вычислять массы элементарных частиц и описывать динамику пространства-времени и формирование космологической постоянной. Но рассмотрение явления конденсации первичных фермионов как первичных возбуждений квазикристаллической решетки по законам квантовой теории сверхпроводимости Бардина–Купера–Шриффера (БКШ) позволило, в рамках предложенной автором космологической модели со сверхпроводимостью (CMS), корректно описать рождение Вселенной и её «инфляционное» расширение, начало эпохи Большого Взрыва, а также все массы известных элементарных частиц [4–9].

При этом возможность такого описания, дающего многочисленные совпадения с экспериментальными данными, ставит перед необходимостью пересмотра представлений о пенообразной структуре пространства-времени на планковских расстояниях.

### 2. О степени упорядоченности на планковских масштабах

Чтобы понять, существует ли в реальности хаотическая пена на планковских расстояниях, можно оценить плотность этой пены. Очевидно, что эта плотность должна быть близка к планковской:

$$\rho_{\text{Soap}} \approx \rho_P \gg \rho_V = 10^{-120} \rho_P \quad (1)$$

но этого не наблюдается, поскольку механизм компенсации флуктуаций отсутствует.

Хаотически колеблющаяся пена должна излучать гравитационные волны с плотностью энергии также близкой к планковской. Такое излучение также не наблюдается, как и гигантская энтропия, порождаемая таким излучением.

Из известной зависимости для постоянной тонкой структуры  $\alpha_{em} = e^2 / \hbar c$  следует связь электрических зарядов  $e$  и «планковских»  $Q_p$ , которые, вероятно, являются носителями не только гравитационного, но и единого (гравитационно-глюонно-электрослабого) полей.

$$\hbar c = Q_p^2 = \alpha_{em}^{-1} e^2 \quad (2)$$

При этом точность и стабильность соотношения (2) свидетельствует об отсутствии стохастической пенистой структуры, поскольку её наличие явным образом нарушало бы это соотношение.

Исходя из космологической модели со сверхпроводимостью и модели П.И. Фомина можно выдвинуть гипотезу об отсутствии хаотических квантовых флуктуаций на планковских масштабах и предложить постулат о квантовой упорядоченности планковских доменов, образующих, подобно атомам в кристаллической решетке, упорядоченные структуры с квантовым движением, орбитами и квантовыми энергетическими уровнями. Поэтому, подобно тому, как атомы в кристалле упорядочены, а их электроны не излучают, находясь на стационарных орбитах, так и планковские домены — атомы пространства-времени — представляют собой квантовые вихри [10]. Поскольку на планковских масштабах существует единое, а не гравитационное поле, есть все основания считать, что сильная нелинейность, свойственная гравитационному полю, появляется только на масштабах Большого Объединения, когда происходит разделение фундаментальных взаимодействий.

Рассмотрение Вселенной как такого планковского кристалла позволяет оценить его удельную энтропию, или энтропию возбуждений.

Как известно, максимальная энтропия в пределах причинного хаббловского радиуса по формуле Бекенштейна-Хокинга:

$$S = \frac{4\pi R_H^2}{4L_P^2} = \frac{\pi R_H^2}{L_P^2} \approx 2 \cdot 10^{122} \quad (3)$$

Отсюда следует и утверждение голографического принципа о том, что площадь поверхности причинного горизонта, или горизонта событий чёрной дыры, описывает максимум информации. Однако наблюдаемая Вселенная пространственно трехмерна. В ней содержатся  $N_1 = R_H^3 / L_P^3 \approx 10^{183}$  планковских доменов (для 4-мерной пространственно-временной структуры Вселенной их число  $N_2 = R_H^4 / L_P^4 \approx 10^{244}$ ). Это означает, что  $10^{122}$  флуктуаций (возбуждений) приходится на  $10^{183}$  ( $10^{244}$ ) планковских доменов — атомов пространства-времени. Формально это можно выразить, принимая за единицу планковской длины толщину горизонта. Тогда 3-мерный объем слоя у горизонта составит  $V \approx R_H^2 L_P$ . Количество возбуждений, приходящихся на 3-мерный объем составит

$$N = \frac{N_1}{N_2} = \frac{R_H^2 L_P}{R_H^3} = \frac{L_P}{R_H} = 10^{-60} \quad (4)$$

Таким образом, на  $10^{60}$  планковских доменов приходится одно возбуждение. Длина волны такого возбуждения составляет

$$\lambda \approx \left( \frac{R_H}{L_P} \right)^{1/3} L_P \approx 10^{20} L_P \approx \lambda_\pi \gg L_P \quad (5)$$

Это означает, что возбуждения отсутствуют на планковских масштабах, поскольку их размеры на 20 порядков превышают планковскую длину.

Полученные масштабы полностью соответствуют формуле Зельдовича–Кардашева–Букалова для общей плотности энергии Вселенной [11, 12, 13], согласно которой вакуумные флуктуации с массой, равной половине массы заряженного  $\pi$ -мезона (то есть с массой кванта вакуумного  $\pi$ -мезонного поля  $m_{\pi^\pm} / 2$ ) в собственном комптоновском объеме образуют замкнутые миры с 3-мерным объемом гипертсферы  $2\pi^2 \lambda_{\pi^\pm}^3$ :

$$\rho = \frac{G_N}{2\pi\lambda_{\pi^\pm}^3 c^2 \lambda_{\pi^\pm}} \left( \frac{m_{\pi^\pm}}{2} \right)^2 = \frac{m_G}{2\pi^2 \lambda_{\pi^\pm}^3}. \quad (6)$$

При этом суммарная энергия этих возбуждений составляет наблюдаемую энергию Вселенной (в целях нормировки рассматриваем в пределах радиуса Хаббла).

$$E = 10^{120} \varepsilon_G = M_H c^2. \quad (7)$$

Возможен ряд конфигураций:

$$10^{60} L_P^3 \approx \lambda_{\pi^\pm}^3 \approx L_P^2 R_H \approx \lambda_V^2 L_P \approx \lambda_U R_H^2. \quad (8)$$

### 3. Планковские ячейки как квантовые вихри и энергия Большого Взрыва

Таким образом, количество возбуждений соответствует количеству ячеек с площадью  $4L_P^2$  на поверхности причинного горизонта. Эти элементарные планковские ячейки можно рассматривать как элементарные планковские вихри [10]:

$$\oint \nabla_\mu \theta \nabla_\nu \theta dl^\mu dl^\nu = 2\pi n_1 L_P 2\pi n_2 L_P = 4\pi^2 n_1 n_2 L_P^2.$$

Любая причинная поверхность состоит из набора квантовых вихрей планковского масштаба. Собственно, квадратичный интервал, рассматриваемый в ОТО, является, по-видимому, следствием существования таких вихрей. Но такие же квантованные вихри соответствуют планковским доменам внутри горизонта событий, или причинного горизонта. Они и образуют «атомы» пространства-времени с вихревыми токами. При этом они представляют собой минимальные черные дыры, которые оказываются квантовыми вихрями и одновременно — гравитационно-электрослабо-глюонными «атомами» (точнее, «атомами», связанными с единым полем взаимодействий, поскольку  $L_P \ll \lambda_{GUT}$ . В связи с этим интересно отметить, что есть интервал, соответствующий электрическому заряду  $L_1(e) = \alpha_{em}^{-1/2} L_P \sqrt{8\pi}$ ,  $L_2(e) = 8\pi \alpha_{em}^{-1} L_P$ .

При энергии Большого Объединения  $E = 1,35 \cdot 10^{15}$  эВ

$$\frac{M_P c^2}{(8\pi)^{1/2}} \frac{1}{E_{GUT}} = \frac{m_p}{m_e} \left( \frac{3}{\pi} \right)^{1/2}. \quad (9)$$

Если частицы с  $m = E_{GUT} / c^2$  соответствуют аналогу электрона, то это объясняет, почему Большой Взрыв произошел при этой энергии: это энергия ионизации планковского «атома». Более низких устойчивых орбит не существует. При этом интервалы длины  $L_1(e)$  можно интерпретировать как электрический радиус «ядра» планковского «атома».

### 4. О происхождении масс элементарных частиц

Об упорядоченности на планковских расстояниях свидетельствует феномен дробного квантования константы взаимодействия первичных фермионов, образующих сверхпроводящий, сверхтекучий конденсат:

$$\lambda^{-1} = \frac{n}{m} \alpha_{em}^{-1} = \frac{n}{m} \frac{Q_P^2}{e^2}. \quad (10)$$

Заряд первичных фермионов квантуется и взаимодействует с вихревыми линиями первичного поля: поглощение одного вихря дает композитный бозон, двух вихрей – композитный фермион. Далее происходит конденсация композитных фермионов в сверхтекучее, сверхпроводящее состояние. Отметим также, что поглощение вихрей первичного поля приводит к эффекту движения композитных частиц в плоском пространстве-времени. Поэтому поле на планковских масштабах не искривляет пространство-время, а пространственно-временная петля отсутствует ввиду квантования вихрей и их поглощения первичными фермионами с образованием композитных частиц. Конденсация композитных частиц дает массы в виде энергетических щелей [6, 7, 8]:

$$m_i = \Delta_i = \frac{M_P}{c_i e^{\lambda_i^{-1} n/m}}. \quad (11)$$

## 5. Выводы

Квантование гравитационных вихрей на планковских масштабах находится в соответствии с квантованием площади горизонта событий и снимает проблему расходимости в квантовой гравитации, включая расходимость плотности энергии вакуума. Модель квантовой упорядоченной структуры пространства-времени делает излишней гипотезу о пенистой структуре пространства-времени и позволяет построить космологическую теорию со сверхпроводимостью (CMS), решающую проблемы плотности темной энергии, иерархии масс элементарных частиц, а также уточнение инфляционной теории рождения Вселенной.

## Л и т е р а т у р а :

1. *Wheeler J.A., Ford K.W.* Geons, Black Holes, and Quantum Foam: A Life in Physics. — New York: W.W. Norton & Co., 1998. — 380 p.
2. *Fomin P.I.* Zero cosmological constant and Planck scales phenomenology // Proc. of the Fourth Seminar on Quantum Gravity, May 25–29, Moscow / Ed. by M.A.Markov. — Singapore: World Scientific, 1988. — P. 813
3. *Fomin P. I.* On the crystal-like structure of physical vacuum on Planck distances // Probl. phys. kinetics and physics of solid body. — Kiev: Naukova dumka, 1990. — P. 387–398.
4. *Букалов А.В.* Решение проблемы темной энергии и энергии вакуума в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 1. — С. 5–14.
5. *Bukalov A.V.* The solution of the cosmological constant problem and the formation of the space-time continuum. // Odessa Astronomical Publications. — 2016. — 29. — P. 42–45.
6. *Букалов А.В.* Значения масс элементарных частиц и сверхпроводимость. Часть 1 // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 2. — С. 23–26.
7. *Букалов А.В.* Значения масс элементарных частиц и сверхпроводимость. Часть 2 // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 3. — С. 24–27.
8. *Букалов А.В.* О массах тяжелых элементарных частиц // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 4. — С. 21–23.
9. *Букалов А.В.* О космологической модели со сверхпроводимостью (решение ряда проблем) // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 1. — С. 31–36.
10. *Букалов А.В.* О квантовании гравитационного потока // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 4. — С. 31–33.
11. *Zeldovich Y.V.* *JETP lett.* **6**, 345 (1967).
12. *Кардашев Н.С.* // Препринт ФИАН. — 1997. — № 26
13. *Букалов А.В.* Решение проблемы космологической постоянной и происхождения Больших Чисел Дирака–Эддингтона // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 1. — С. 40–43.

Статья поступила в редакцию 10 ноября.2016 г.

*Bukalov A.V.*

## On the structure of vacuum and space-time on Planck scales

On the base of space model by P.I. Fomin and the cosmological model with superconductivity proposed by the author, which makes it possible to obtain the observed value of the vacuum energy density, a hypothesis is proposed about the absence of chaotic quantum fluctuations on Planck scales. It is considered a postulate on the quantum ordering of Planck domains forming, like atoms in the crystal lattice, ordered structures with quantum motions, orbits, and quantum energy levels. Therefore, just as the atoms in the crystal are ordered and their electrons do not radiate in stationary orbits, Planck's domains as “atoms” of space-time are ordered quantum vortices that do not radiate in the absence of perturbations.

*Keywords:* quantum gravity, superconductivity, Planck length, gravitational quantum vortex, “atoms” of space-time, masses of elementary particles.

Букалов А.В.

## ЭНТРОПИЯ МАТЕРИИ, ИЗЛУЧЕНИЯ, И ГОРИЗОНТОВ СОБЫТИЙ

Центр физических и космических исследований, Международный институт соционики,  
ул.Мельникова, 12, г.Киев-50, 04050, Украина. e-mail: [bukalov.physics@socionic.info](mailto:bukalov.physics@socionic.info)

Показано, что сравнение термодинамической энтропии как функции энергии и общей энтропии для гравитирующей системы той же массы выявляет необходимость учета пространственно-временных параметров сколлапсировавшего вещества и излучения.

*Ключевые слова:* термодинамика, энтропия черной дыры, горизонт событий, квантовая механика.

### 1. Введение

Энтропия реликтового излучения (CMBR)  $S_\gamma \approx 10^{88}$  определяется количеством квантов:  $S_\gamma \approx N_\gamma$ . Для космологических нейтрино энтропия также близка в этой величине:  $S_{\nu^-} \approx 10^{88}$ . При количестве протонов  $N_p \approx 2,6 \cdot 10^{78}$  энтропия составит  $S_B \approx 10^{80}$ . При этом энтропия горизонта событий составляет  $S_H \approx 10^{122}$ . Считается, что это максимальная достижимая энтропия для наблюдаемой Вселенной [1, 2].

Энтропия минимальной черной дыры (с массой  $M = 3M_\odot$ ) по Хокингу–Бекенштейну составляет:

$$S_{\min} \approx 10^{77} = \frac{\pi R_g^2}{L^2}, \quad (1)$$

а для максимально возможной, с массой  $M_{\max} \approx 4 \cdot 10^{10} M_\odot$

$$S_{\max} \approx 10^{97}. \quad (2)$$

Отсюда возникает парадокс, отмечаемый многими авторами, — разрыв между суммарной энтропией излучения и вещества, чёрных дыр, и общей энтропии от горизонта событий.

$$S_{\gamma, M} \ll S_{BH_{\max}}; \quad S_{\gamma, M} \ll S_H. \quad (3)$$

Этот вопрос нуждается в дополнительном исследовании.

### 2. Энтропия вещества и энтропия горизонта.

Прежде всего следует обратить внимание на единицы измерения энтропии. Для излучения и вещества это термодинамическая энтропия, для горизонта событий — геометрическая энтропия. Ее тоже можно выразить через термодинамическую энтропию [3]:

$$S = \frac{\pi R_g^2}{L_p^2} = \frac{M_{BH} c^2}{2k_B T}, \quad (4)$$

где  $T = \hbar c / 4\pi R_g k_B$  — температура горизонта событий.

Возникает закономерный вопрос: как можно их сравнивать? Чтобы разобраться в этом вопросе, рассмотрим гипотетическую чёрную дыру, состоящую из всех барионов Вселенной, которые составляют 0,046% наблюдаемой массы Вселенной. Наблюдаемая масса Вселенной в радиусе Хаббла составит:

$$M_H = \frac{R_H c^2}{2G_N}. \quad (5)$$

Для чёрной дыры из барионов Вселенной в радиусе Хаббла:

$$M_B \approx \frac{1}{22} M_H \approx 2\pi\alpha_{em} M_H. \quad (6)$$

Соответственно,

$$R_g = R_H / 22 \approx 2\pi\alpha_{em}R_M. \quad (7)$$

Энтропия горизонта событий такой дыры составит:

$$S_{BH} \approx S_H / 22^2 \approx 4\pi^2\alpha_{em}^2 S_H \approx 10^{120}. \quad (8)$$

Чёрная дыра из реликтового излучения имела бы массу  $M_\gamma \approx \alpha_{em}^2 M_H$  и гравитационный радиус  $R_\gamma \approx \alpha_{em}^2 R_H \approx 7 \cdot 10^{21}$  м и соответствующую энтропию  $S_{BH}(\gamma) = \alpha^4 S_H \approx 10^{-8} S_H \approx 10^{114}$ . При этом

$$\frac{S_{BH}(\gamma)}{S_B} \approx \frac{4,15 \cdot 10^{119}}{10^{79}} \approx 4 \cdot 10^{40}. \quad (9)$$

$$\frac{S_H}{S_{B_{eq}}} \approx \frac{2,11 \cdot 10^{122}}{5,3 \cdot 10^{79}} \approx 4 \cdot 10^{42}, \quad (10)$$

где  $S_H$  — энтропия хаббловского горизонта,  $S_{B_{eq}}$  — энтропия эквивалентного числа барионов в радиусе Хаббла.

Таким образом парадокс усугубляется, поскольку возникает явный разрыв между термодинамической энтропией одного и того же количества квантов материи и излучения в сравнении с их энтропией как гравитационно-связанной системы, то есть гравитационной энтропией, возникающей естественным образом при условии гравитационного взаимодействия этих объектов в ограниченном объеме. Это означает, что термодинамическая энтропия коллапсирующей материи в виде квантов и частиц не описывает всю возможную энтропию в отличие от гравитационной, что связано с неучётом пространственных и временных степеней свобод элементарных частиц. Действительно, в квантовой механике существует равноправное описание в импульсном и координатном представлениях. При этом известный принцип неопределенности В. Гейзенберга

$$\begin{aligned} \Delta p \Delta x &\geq \hbar / 2, \\ \Delta E \Delta t &\geq \hbar / 2 \end{aligned} \quad (11)$$

показывает дополненность энерго-импульсного и пространственно-временного описания квантовых объектов. Поэтому максимальную информацию о квантовом объекте содержит фазовое пространство, объем которого выражается в количестве планковских квантов действия  $\hbar$ . При этом энтропия горизонта чёрной дыры (или горизонта событий Вселенной) может быть выражена в планковских единицах действия [4]:

$$S = \frac{\pi R_H^2}{L_p^2} = \pi \frac{G_N (2M)^2}{G_N M_p^2} = \frac{S_h}{\hbar}. \quad (12)$$

Сравнение термодинамической энтропии как функции энергии и общей энтропии для гравитирующей системы той же массы выявляет необходимость учета пространственно-временных параметров — количество волн де Бройля определенного сорта элементарных частиц, укладываемых в гравитационный радиус этой системы, т.е.  $R_H = N_2 \cdot \lambda_x$  [5]:

$$S_{BH} = \frac{2\pi G_N M \cdot R_H}{c^2 L_p^2} = \frac{2\pi G_N M}{c^2 L_p^2} N_1 m_p N_2 \lambda_x = \frac{2N_1 m_p N_2 \lambda_x}{\hbar} = \frac{S_h}{\hbar}. \quad (13)$$

Таким образом, соотношение гравитационного радиуса системы и длины волны рассматриваемых квантов дает пространственную компоненту энтропии (или информации), в соответствии с принципом дополненности Бора и квантовой механики в целом.

$$S_h = E \cdot t = p \cdot x = S(\epsilon, p) \cdot S(x, t) = \ln W_{\epsilon,p} \cdot \ln W_{x,t} = \ln W_h. \quad (14)$$

### 3. Выводы

Очевидно, что в предложенном описании пространственно-временные степени свободы обладают своей особой информацией/энтропией. Поэтому к ним применимы принципы, аналогичные принципам термодинамики, если рассматривать теорию пространственно-временных квантов, аналогично теории энергетических квантов материи и излучения. Это приводит к дуальной физике, в том числе — дуальной квантовой механике, в которой волновые, пространственно-временные и энерго-импульсные характеристики меняются местами [5].

**Л и т е р а т у р а :**

1. Egan C.A., Lineweaver C.H. A Larger Estimate of the Entropy of the Universe // *Astrophys. J.* **710**, 1825 (2010). — [arXiv:0909.3983](https://arxiv.org/abs/0909.3983) [astro-ph.CO].
2. Gibbons G. W., Hawking S.W. *Phys. Rev. D*, **15**, 2738 (1977).
3. Букалов А.В. О двойственности информации и энтропии космических горизонтов и горизонтов чёрных дыр // *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика.* — 2015. — № 1. — С. 25–28.
4. Букалов А.В. Действие, фаза, энтропия и информация космических горизонтов и закон сохранения информации в черных дырах // *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика.* — 2015. — № 2. — С. 27–28.
5. Букалов А.В. О дуальной квантовой механике // *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика.* — 2015. — № 2. — С. 29–32.

*Статья поступила в редакцию 20 ноября 2016 г.*

*Bukalov A.V.*

**Entropy and information of matter and radiation in the Universe**

It is shown that the comparison of thermodynamic entropy as a function of energy and general entropy for a gravitating system of the same mass reveals the need for taking into account the space-time parameters of the collapsed matter and radiation.

*Keywords:* thermodynamics, black hole entropy, event horizon, quantum mechanics.

Букалов А.В.

## О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК

Центр физических и космических исследований, Международный институт соционики,  
ул.Мельникова, 12, г.Киев-50, 04050, Украина. e-mail: [bukalov.physics@socionic.info](mailto:bukalov.physics@socionic.info)

Рассмотрен ряд свойств элементарной планковской площади. Показано, что существование инвариантного элементарного квантового геометрического вихря – в виде элементарной планковской информационной ячейки - позволяет рассматривать макроскопическое и микроскопическое (волновое) описания любого объекта как дополнительные.

*Ключевые слова:* гравитация, черная дыра, принцип дополненности, квантовый геометрический вихрь, планковская информационная ячейка, планковская площадь.

### 1. Введение

Согласно формуле Бекенштейна–Хокинга [1, 2] энтропия чёрной дыры и горизонта Вселенной с радиусом  $R$  определяется по формуле

$$S = \frac{4\pi R^2}{4L_p^2}, \quad (1)$$

где  $L_p$  — планковская длина. Отметим, что длина  $2L_p$  представляет собой гравитационный радиус:

$$r_g = \frac{2G_N m_p}{c^2} = 2L_p, \quad (2)$$

что представляется вполне естественным.

Согласно космологической модели со сверхпроводимостью (CMS) [3], ячейка с площадью  $4L_p^2$  является элементарным гравитационным, пространственно-временным квантовым вихрем [4]. Поэтому площадь горизонта квантуется:

$$S = \frac{\pi N L_p^2}{L_p^2} = \frac{n_1 \cdot 2L_p \cdot n_2 \cdot 2L_p}{4L_p^2}. \quad (3)$$

Квантуются и элементарные длины  $n_i \cdot L_p$ . Элементарная длина  $2L_p$  является битом информации, а элементарная площадь  $4L_p^2$  является квадратичным битом — квантом площади горизонта.

### 2. Некоторые свойства элементарного геометрического вихря

Особый интерес представляют свойства элементарного геометрического вихря. Легко увидеть, что для любого объекта произведение комптоновской длины волны  $\lambda$  на гравитационный радиус  $r_g$  является постоянной величиной, эквивалентной элементарной планковской площади:

$$\lambda r_g = \frac{\hbar}{mc} \cdot \frac{2G_N m}{c^2} = \frac{2G_N \hbar}{c^3} = 2L_p^2. \quad (4)$$

$$2\lambda \cdot r_g = 4L_p^2$$

При этом

$$S = \frac{\pi R_g^2}{L_p^2} = \frac{2\pi R}{\lambda} = \frac{\pi n \hbar}{\hbar} = \pi n. \quad (5)$$

Это означает, что квантование площади эквивалентно квантованию гравитационного радиуса, точнее — периметра чёрной дыры  $2\pi R_g$  в единицах длины волны объекта. При этом квантуются и массы:

$$\frac{1}{n_i} \frac{4G_N m_x}{c^2} n_i \lambda_x = 4L_P^2, \quad (6)$$

$$\text{или } n_j \frac{4G_N m_x}{c^2} \frac{1}{n_j} \lambda_x = 4L_P^2; \quad (7)$$

$$\frac{1}{n_i} 2r_g \cdot n_i \lambda_x = 4L_P^2 = r_{gp}^2. \quad (8)$$

То, что корпускулярные, массовые и волновые, энергетические свойства любого объекта, вплоть до Вселенной, происходят из элементарной планковской ячейки — первичного геометрического вихря-кванта, говорит о глобальной компенсации гравитационно-энергетических и волновых характеристик, или о дуализме и равноправии этих величин в конфигурационном пространстве. Это приводит к существованию двух равноправных дуальных миров. В первом существует известное, наблюдаемое нами пространство-время и энергия-импульс, волновые свойства квантовых объектов. Во втором мире существуют квантованные пространственно-временные структуры, движущиеся в энерго-импульсном «пространстве-времени» в энергетическими волновыми пакетами [5].

Произведение площадей горизонта и волнового пакета (квадрата длины волны) эквивалентно элементарной четырёхмерной планковской ячейке — 4-мерному квантовому гравитационному вихрю.

$$\frac{R_g^2}{L_P^2} \cdot \frac{\lambda^2}{L_P^2} = 1, \quad (9)$$

$$R_g^2 \lambda^2 = L_P^4. \quad (10)$$

### 3. Выводы

Существование инвариантного элементарного квантового геометрического вихря — в виде элементарной планковской информационной ячейки позволяет рассматривать макроскопическое и микроскопическое (волновое) описания любого объекта как дополнительные и реализуемые в двух дополняющих, дуальных реальностях.

### Л и т е р а т у р а :

1. Egan C.A., Lineweaver C.H. A Larger Estimate of the Entropy of the Universe // *Astrophys. J.* **710**, 1825 (2010). — [arXiv:0909.3983](https://arxiv.org/abs/0909.3983) [astro-ph.CO].
2. Gibbons G. W., Hawking S.W. *Phys. Rev. D*, **15**, 2738 (1977).
3. Букалов А.В. Решение проблемы темной энергии и энергии вакуума в космологической модели со сверхпроводимостью // *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика.* — 2014. — № 1. — С. 5–14.
4. Букалов А.В. О квантовании гравитационного потока // *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика.* — 2014. — № 4. — С. 31–33.
5. Букалов А.В. О дуальной квантовой механике // *Физика сознания и жизни, космология и астрофизика.* — 2015. — № 2. — С. 29–32.

*Статья поступила в редакцию 1 ноября 2016 г.*

*Bukalov A.V.*

### On some properties of elementary geometric cells

A number of properties of the elementary Planck area are considered. It is shown that the existence of an invariant elementary quantum geometric vortex in the form of an elementary Planck information cell allows us to consider the macroscopic and microscopic (wave) descriptions of any object as additional.

*Keywords:* gravity, black hole, complementarity principle, quantum geometric vortex, Planck information cell, Planck area.

ФИЛОСОФСКИЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Шеховцов С.В., Новиченко В.Г.

ВОДА И ВРЕМЯ

Запорожский профилактико-оздоровительный центр «Здоровье», Украина, Запорожье  
e-mail: nov230258@rambler.ru

Научно-культурологический популярный очерк о воде. Авторы предприняли попытку объединить древние и современные воззрения на воду и попытались создать целостную картину понимания свойств воды.

*Ключевые слова:* вода, здоровье, биофизика, структура воды, история, культура

(Продолжение. Начало в № 2/16)

Архаичная классификация свойств воды и их применение в древности

Каждый организм приспосабливался к существующему природному ритму череды дня и ночи, поры года, периодов активности и пассивности Солнца, планет и звёзд. За века наблюдений была выявлена закономерность этого природного ритма жизни, определены особенности каждого из его периодов. Знание законов цикличности движения пространства и времени, позволяла нашим предкам использовать свойства воды в соответствии со временем суток, временем года, особенностями расположения и влияния звёзд в тот или иной год для собственных нужд. Так, например, омыть тело на утренней заре или заре вечерней, умыться ключевой водой в полночь, набрать воду в определённое время суток – стали одними из практических методов такого использования свойств воды древним человеком.

Планета Земля древними воспринималась подобной человеческому организму. Есть плоть Земли. В ней есть кровь, лимфа и другие «геобиологические» жидкости, как, например, нефть. «Кровью» Земли они называли подземную, нижнюю воду. Считалось, что такая вода насыщена планетной энергией [2]. Срединная вода в открытых водоёмах соприкасалась, помимо энергии Земли, со светом Солнца, Луны и звёзд. Верхняя вода, в большей степени была насыщена энергией космоса и, в меньшей степени, энергией Земли.

Наш предок воспринимал эту энергетическую насыщенность не только по вкусовым качествам, но и по её воздействию на живые организмы, на собственную плоть. При необходимости «корректировал» её количественные и качественные «параметры», дополняя его мистической составляющей земных и космических энергий, насыщая воду для питья дополнительно силой Солнца, небесных светил. Так, например, колодезную воду на несколько часов оставляли в вёдрах под Солнцем и звёздами [3].

Каждому «виду» воды были присущи определённые, и в чём-то различные, свойства. Но люди пили, в основном, родниковую (подземную) воду и воду из некоторых рек. Это сейчас физик вам скажет, что в речных водах рН находится в пределах 6,5–8,5, в атмосферных осадках 4,6–6,1, в подземных 7,0–8,5, в морских водах 7,9–8,3. В древности это воспринималось и чувствовалось по-другому. Современные медико-биологические исследования подтверждают мудрость наших предков в использовании свойств воды планеты.

Считается, что наиболее полезной в применении для питья является вода со структурой, близкой к структуре внутриклеточной воды. В этом контексте, родниковая вода плот таковой и является. Её рН, близок к рН воды организма, т.е. от 7,0 до 8,0, а структура, как и структура клеточной воды, близка к структуре льда.

Находилась практичное применение и другим видам воды. Так, например, есть распространённое заблуждение о том, что вода болот «гнилая» и вредная, но старинные мореплаватели брали с собой, наливали в бочки, именно болотную воду. В отличие от родниковой воды, болотная, очень долго не портится. Особенно это относится к воде верховых сфагновых болот. Верховое болото – это толстая подушка мха сфагнум, пропитанная водой, и располагаться она может даже на возвышении, и даже сама, имея толщину в десятки сантиметров, возвышается над местностью. Этот мох чрезвычайно гигроскопичен, и собирает в подушку огромные количества воды, пропитывая её при этом бактерицидными веществами. Сухой сфагнум наши предки применяли для заживления ран под повязку [4].

Условно свойства воды, отражающие особенности цикличного движения пространства,

его минимумы и максимумы проявления противоположных вселенских энергий, человек разделял на два вида воды:

- вода живая и;
- вода мёртвая.

Вода в летнее время солнцестояния достигала максимума жизнотворящих свойств и потому считалась живой. В зимнее время мёртвой, приостанавливающей все процессы жизнедеятельности в природе. Это, в понимании древнего человека, вовсе не означало превосходство одного вида воды над другим. Применение живой или мёртвой воды им для своих нужд было продиктовано целесообразностью. Так, например, чтобы оживить мёртвого хозяина, волк из сказки «Иван-царевич и Серый Волк», полил его сначала мёртвой водой, которая заживила смертельные раны, а потом живой водой, которая его оживила.

Мёртвая вода потому и мёртвая, что в ней почти никто не может жить, в ней мало болезнетворных микроорганизмов. Она способна очищать раны и предотвращает процесс гниения.

Живая вода, наоборот, своей волшебной силой (силой, энергией жизни) наполняет плоть жизнью.

Живая и мёртвая вода – это оптимальные «инструменты» в умелых руках сказочного героя и знающего человека. Её можно было добыть, не отправляясь в «тридевятое царство», дремучие леса и топкие болота. Её можно было получить в определённое время суток, года, десятилетия и т.д. До восхода Солнца и на заре – живая вода. Вода полуночная – мёртвая. В день зимнего солнцестояния – мёртвая, летнего – живая.

Для усиления отдельных свойств воды, знахари брали воду из нескольких колодцев, различных мест, добавляли в неё природные материалы. Сегодня в научных трудах приводится более десятка физических и химических свойств воды. Наши же предки свойства воды, условно разделяли всего на четыре группы:

- очистительные;
- целебные;
- вещи;
- плодородные.

#### *Очистительные свойства*

Зима: максимальный холод – минимальное тепло; день зимнего солнцестояния 22–24 декабря, Христово Рождество, Крещение и т.д.

В полночь на Воскресенье Христово вода становится тиха и светла, как кристалл, и, налитая в сосуды, остаётся свежей в течение года. Минимальная жизненная активность в такой воде позволяет ей обладать мощнейшими очистительными свойствами. Считалось, что такая вода не портится очень долго и может простоять свежей до 70 лет. Способствует этому явлению то, что биохимическая активность водной растительности, донных отложений природных водоёмов в январе минимальная (заканчивается процесс разложения растительных водных отложений, идущих с поглощением кислорода, которого в воде становится очень мало). На Руси издавна существует традиция купания в проруби в эти дни. После такой процедуры человек получает заряд здоровья на целый год. Считалось даже грехом утираться после омовения полотенцем, вода на теле должна была высохнуть сама [1, 5, 6, 7].

У крестьян считалось большим грехом полоскать бельё в водоёмах в течение недели после Крещения. С одной стороны, было недопустимым оскорблять этим недостойным действием святую воду, а с другой стороны, крестьяне утверждали, что вся нечистая сила, не желая погибнуть в «святой воде», мечется в панике и, хватаясь за бельё, которое полощут в проруби, может проникнуть в дом владельца этого белья. Прежние москвичи в эти дни чертили мелом кресты на всех дверях и окнах, чтобы дьявол, изгнанный из воды, не влетел в их дома. Возвратившись с праздника, каждый хозяин кропил святой водой весь дом, хозяйственные пристройки и домашний скот, и каждый член семьи благоговейно отпивал из принесённой им воды несколько глотков. Крещенскую воду прежде давали пить во время болезни, а уж потом применяли другие медицинские средства.

На Коляду 24 декабря считалось, что можно смыть все болезни и очистить тело.

### *Целебные свойства*

После зимнего поворота вода начинает насыщаться солнечным светом и теплом. Целебная сила воды открытых водоёмов явственно обнаруживается весной, когда реки и озёра сбрасывают с себя ледяные цепи, когда мир омывается живой водой.

В славянской календарной обрядности, известен обычай опускать ранней весной на воду огонь, как символ наступления весны, согревающий земные воды. У русских этот обычай называется «греть весну» [1, 8]. Восточные и южные славяне пускали по воде хлебные изделия во время многих весенних праздников (Благовещения, Вербного воскресения и др.), плоды и семена, окультуренных человеком, растений, полагая, что растения, по закону магии подобия, будут расти быстро, подобно течению воды.

Весенний снег, выпавший в марте месяце, пользовался особым авторитетом в народной медицине. Добытой из него водой не только лечили больных, но и окропляли ульи, плодовые деревья, чтобы лучше роились пчёлы и чтоб червь не нападал на сады.

В чистый четверг больные люди купались от чесотки и других кожных болезней; здоровые же обливали себя и своих домашних животных холодной водой или купались в прудах и реках перед восходом Солнца, чтобы не касались их болезни в течение следующего года.

У чехов вода, почерпнутая в пятницу Страстной недели при солнечном восходе, называлась тихой и почиталась наиболее целительной. На рассвете этого дня приходили к рекам и источникам, погружались в воду для лечения от сыпей и лихорадки; некоторые становились на берегу, на колени, умывались водой, читали молитвы.

Чтобы прогнать веснушки с лица, умывались в Страстную субботу при первом луче Солнца.

Вода, почерпнутая 1 мая (по старому стилю), превращается, по поверью, в животворный нектар. Она очищает тело от шелудей и служит самым спасительным лекарством для людей и домашней скотины.

По преимуществу, лечебные свойства приписывались древними ключевой и родниковой воде. В Воронежской губернии водили больных к родникам. Явившись к роднику, снимали с больного рубашку и вешали её на одном из, растущих подле деревьев, потом окачивали его холодной водой и надевали ему чистое бельё. Крестьяне были убеждены, что как только истлеет, оставленная ими, тряпица или сорочка, так вместе с ней сгинет и сама болезнь. Малолетним детям матери приносили воду домой, ставили их на колени посреди двора и, сотворив над ними омовение, выливали остатки воды в те же источники, из которых она была почерпнута.

На Руси от болезней, приписываемых сглазу, рано на утренней заре, отправлялись к ключу, зачерпывали воду по течению, закрывали посудину и возвращались домой, молча и не оглядываясь. Затем клали в воду 1 или 3 горячих угля, частицу печной глины, щепоть соли и взбрызгивали ею больного или обливали по 2 раза в сутки на утренней и вечерней заре с приговором: «С гуся вода, с лебеда вода – с тебя худоба!». Иногда давали больному испить этой воды, смачивали ею грудь против сердца, и затем всё, что остаётся в чашке, выливали под притоку.

Повсюду было в обычае пить наговорную воду и умываться ею с серебра и золота, т. е. погружая в чашу серебряную монету или золотое кольцо.

Считалось, что вечером нельзя выливать воду из ведра на землю, если сам ступишь в эту воду, можешь заболеть. Когда идёшь по воду, нельзя ни с кем разговаривать и оглядываться назад, кто бы тебя ни звал.

В воду, особенно колодезную, нельзя плевать, иначе на лице будут вскакивать прыщи. Вода, взятая с трёх криниц до восхода солнца, хорошо помогает при всех видах порчи.

На Украине на «Водохреци» умывались от коросты водою, в которую положена красная калина.

Целебной, чудодейственной и магической считалась также вода, набранная из источников и колодцев не только на Рождество, но и на Новый Год, Сретение, в Страстной четверг или пятницу, на Ивана Купалу.

На основе знаний о целительных свойствах воды, которые она приобретает от соприкосновения с различными минералами (современный аналог гомеопатии и фармакологии), травами, звуковыми вибрациями и т.д. древними врачевателями была разработана система применения водных лекарств. Это своего рода целая водная аптека, для которой, судя по летописным источникам, не было неизлечимых болезней.

Чудодейственные свойства приписывались воде:

- которая стекала с колёс водяной мельницы;
- с морды коня после водооя;
- была набрана из 3, 7 или 9 колодцев, ручьёв или из того места, где сливались 3 потока;
- оставшейся после варки пасхальных яиц;
- пролитой сквозь решето;
- которой ополаскивали хлебную дежу, иконы, обливали церковный колокол и т.п. Таковые же свойства, считалось, имеет трёхзвонная вода, забираемая из 3-х церквей, отдалённых друг от друга настолько, что звон колоколов каждой из них не был слышен в других.

О целительных свойствах отваров и настоев из трав и сегодня хорошо известно.

### *Свойство ведать*

Живая вода небесных колодцев – амрита, по сказаниям индоевропейских племён, наделяет человека дарами высшей мудрости и предвидения. Упиваясь ею, боги и девы судьбы ведают всё прошедшее, настоящее, будущее, и изрекают свои непреложные приговоры, чему быть и не быть. От небесных родников, текущих в царстве бессмертных владык, эта вещая сила была перенесена на земные источники и, вместе с тем, возникли гадание и суд божий водой.

Судебное испытание огнём и водой составляет общее достояние не только арийских, но и многих других народов. Кроме индусов, персов, кельтов, греков, евреев, римлян и славян, оно известно в Тибете, Японии, у разных племён Западной Африки [8].

Бог-громовик был карателем злых демонов, людского нечестия и неправды. Своими пламенными стрелами он поражал грешников и обидчиков. Как метатель молний, он был признан владыкой огня; как низводитель дождей – владыкой земных вод. В этой связи и огонь, и вода получили в глазах язычников священный авторитет и ничем неотразимую силу обличать и наказывать ложь. Потому отдаваться на суд этих светлых правдивых стихий представлялось им самым верным средством для раскрытия истины.

Языческие народы древности, благоговевая к воде, создали учения, согласно которым, реки, озёра и студенцы-родники населены разными существами, а водой заведует особое божество. В фольклоре хозяином земных вод выступал змей, дракон, водяной и другие персонажи. У восточных славян ими были русалки.

Обычай гадать у воды исходил из воззрений, что вода отделяет живых от их предков и является, одновременно, связующим звеном между ними. Вода протекает через все миры. Божественным водным существам и предкам известно наше будущее и они могут дать знак, подсказку. Уберечь от ошибки и помочь. Так, например, если при крещении младенца воск с его волосами плавал в купели, то считали, что новорожденный будет долговечен, а если потонет, то ему суждено скоро умереть.

Существовал целый водный гадательный календарь, так сказать, на все случаи жизни. Каждый человек мог заглянуть не только в прошлое, но и в будущее, ибо будущее, как и прошлое, было открыто воде. Так, например, 30 ноября (по старому стилю) у рек, озёр и колодцев по шуму и тишине воды заключали о предстоящей зиме: будет ли она тихая (умеренная) или суровая, с бурями и сильными морозами.

В среду на первой неделе великого поста ходили на Руси к родникам и речкам прислушивались, как шумит вода, заключая по шуму о будущем лете. Если вода шумит, как мельничный жернов, то ожидают летом больших гроз.

В августе (10 числа по старому стилю) примечали колебания вод, и по этому судили о характере будущей осени и зимы: если гладь воды не колышется ветрами, то осень будет тихая, а зима не метельная.

Накануне Нового года, когда по народному поверью отпирался рай, чехи ходили к студенцам, чтобы в их светлом зеркале высмотреть, что предопределено божественной волей, и узнать, какая именно судьба ожидает их в течение года.

У нас же во время Святков ходили девицы в лунные ночи к проруби, садились на воловью шкуру и смотрели в воду, с надеждой увидеть в них своих суженых.

На Троицу и Семик незамужние поселанки плели зелёные венки и бросали их в реки и ручьи. Чей венок поплывёт по течению – той сулит скорое замужество, чей закружится на одном месте – у той свадьба расстроится, а чей потонет – ту ожидает смерть или безбрачная жизнь.

С водой связан и древний славянский дохристианский обычай выбора невесты. В «Повести временных лет» есть упоминание, что древляне, желая привести в дом жену, умыкали возле воды девиц. В народном сознании сватовство у святой воды стало залогом удачного брака, благословлённого высшими силами.

Вода сыграла решающую роль в устройении семейной жизни Пророка Моисея: свою будущую жену он встретил у колодца (Исх. 2, 15-17) (Л.1). Само его имя, по словам дочери фараона (Исх. 2,10) (Л.1) и толкованию Иосифа Флавия, означает «спасённый из воды».

В крестьянских домах «вопрошали» судьбу о наступающем годе, о предстоящем урожае, о девичьих судьбах, занимались «чародейством» в буквальном смысле слова – гадали у воды, налитой в священную чару, снабженную знаками двенадцати месяцев. Воду при этом брали из двенадцати колодцев; нередко сосуд с водой ставили под звёзды [1].

Интересным и знаковым, на наш взгляд, является тот факт, что чары эти, судя по материалам раскопок академика Б. Рыбакова, были с тремя ручками. То есть, один человек не смог бы легко нести такую чару. Это говорит о том, что одним из необходимых условий эффективности работы с водой, в древности, являлась коллективность, концентрация желаний, мыслей, чувств.

В русском фольклоре, многие сюжеты связаны с просьбой доброго молодца к красной девице, напоить его водой. Есть мнение, что эта просьба символизирует любовное влечение, неутолённую жажду сердца. Возможно это и так. Но истинный смысл здесь гораздо глубже. В одном из кинофильмов казак в бою, несмотря на угрозу жизни себе и своим соратникам-казакам, отказался убивать врага (басурманина) из-за того, что этот враг в своё время, когда казак был в плену, напоил его родниковой водой, тем самым, в представлении казака, как бы породнился с ним. Эта древнейшая славянская традиция родства душ через святыню-воду и воплотилась впоследствии в традицию сватовства у воды, когда человек ищет там родственную себе душу, обретая свою вторую половину.

В древних сказаниях упоминается: чтобы стать вещим, человеку необходимо было 70 дней ходить босым по росе.

Многие древние воззрения и сегодня сохранились в некоторых селах и деревнях. Там вам обязательно дадут хлеба и воды. Их жители, поступают так ни от того, что помнят, но от того что на «генетическом уровне» знают – нельзя отказывать путнику, обратившемуся с просьбой напиться. Мало того, нельзя брать за воду денег: «За воду денег не берут», – так они и говорят.

Получается, что нельзя брать плату за то бесценное, что дано каждому живущему на Земле бесплатно – воду. А в наше время её продают, и это едва ли ни самый ходовой товар.

Святотатством и большим грехом считается в народе разрушение родников и порча колодцев, считается, что грех этот передается в несколько поколений на потомков согрешившего.

Вода, по убеждению древних, существует в двух мирах – в мире зримом, где душа живёт во плоти, и в мире жизни души бесплотной. Для водной реки не существует границы между мирами, ибо вода является основой, средой этих двух миров. Вода – жидкость все проверяющая, как гораздо позднее сказал о ней Платон. Среда, воплотившая в себе энергии противоположных Вселенских Начал.

С представлениями о том, что душа человека после его смерти погружается в воду, связана, широко известная у славян, система запретов использовать воду, имевшуюся в доме, в момент смерти кого-либо из домочадцев. При агонии умирающего белорусы выносили из дома и выливали всю воду, чтобы душа не задержалась в ней. Болгары называли такую воду мёртвой, спешили вылить её из всех сосудов сразу после выноса из дома покойника, чтобы никто не смог её выпить. Сербь считали необходимым вылить всю воду, имевшуюся в том доме, мимо которого прошла похоронная процессия.

При встрече с похоронной процессией, человек, несущий ведро воды, вынужден был вылить её на дорогу, чтобы душа умершего не погрузилась в воду.

Вместе с душой постепенно тело покидает и вода. Поэтому, в мировоззрении древних людей, природа души человека и природа воды в чём-то были схожи. Через воду, с водой душа из умершего тела уходила в иной неведомый, таинственный потусторонний мир.

В обрядах инициации, возникших в различных религиозных доктринах, вода и кровь смывают старую жизнь и освящают новую. Погружение в воду символизировало не только возврат к первоначальному состоянию чистоты, через смерть в старой жизни и возрождение в новой, но, также, омовение души в материальном мире.

Вода растворяет, уничтожает, очищает, смывает и восстанавливает, возвращает к жизни и дает новую жизнь. Она ассоциируется с влагой и циркулирующей кровью, жизненными силами. Вода вбирает в себя и уносит силы жизни с разрушением плоти и собирает для них плоть новую.

При зачатии, первым, с чем соприкасалась душа любого живого существа, была вода, которая сопровождала его всю его жизнь.

#### *Свойство плодородия.*

«Плодородие» буквально означает «рождать плод» – таинство зарождения новой жизни. «Что за сила, пробуждающая жизненные энергии у растений и животных, появляется у воды и откуда она возникает?» – задавались вопросом наши предки.

Дождь шёл из небесных туч весной, летом и осенью, часто сопровождался громом и молнией. В грозе древний человек видел брачный союз бога громовика с облачной, дожденосной девой, а в этом союзе – источник земных урожаев [8].

В ночь на Ивана Купалу обряд купания, омовения был традиционным у многих народов. Также традиционными были и прыжки через костёр.

Эти обряды единения и очищения душ и тел, имели глубокий смысл, идущий с древнейших времён, когда вода и огонь были главными стихиями и символами очищения, почитались за начало мира.

В огне купальского костра сгорают сглаз и порча, купальские воды и росы укрепляют жизненной силой дух и тело. Молодые пары соединялись в праздник на Ивана Купалу, когда солнце достигало наивысшей точки на небосводе

Поэтому другим названием силы плодородия является Любовь.

В таинстве плодородия древний человек видел, своего рода, круговорот Любви в Природе.

Брачный союз, единство двух вселенских Начал, согретый энергией Любви рождал Жизнь во плоти на всех уровнях организации Вселенной.

Вода дождя считалась проводником небесной, вселенской энергии Жизни, энергии Любви.

Дождь земледельцу был жизненно необходим. Более того, он был необходим тогда, когда это было нужно для развития семян культурных растений.

Древнерусским хлеборобам было нужно, чтобы дожди шли в четыре периода: с 20 по 30 мая – выход хлебов «в трубку»; с 11 по 20 июня – колошение; с 4 по 6 июля – молочная спелость зерна; с 15 по 18 июля – восковая спелость. [1]

**(продолжение следует)**

#### **Л и т е р а т у р а :**

1. Рыбаков Б. Язычество Древней Руси. – М., 1987.
2. Шаубергер В. Энергия воды. – М.: Яуза, Эксмо, 2007. – 320 с.
3. Мегре В.Н. Серия книг «Звенящие кедры России». – М.; СПб.: Диля, 1999.
4. <http://chemlib.ru/books/item/f00/s00/z0000004/st055.shtml>.
5. Материалы сайта <http://slavyans.narod.ru/index.html>.
6. Материалы сайта <http://www.paganism.ru/news.htm>.
7. Материалы сайта <http://www.yazychestvo.ru/>.
8. Афанасьев А.Н. Поэтические воззрения славян на природу. Опыт сравнительного изучения славянских преданий и верований в связи с мифическими сказаниями других родственных народов. Т. 1–3. – М., 1865–1869.

*Статья поступила в редакцию 12.10.2015 г.*

*Shekhovtsov S.V., Novichenko V.G.*

#### **Water and time**

It is a scientific-popular cultural essay on water. The authors have attempted to combine ancient and modern views on the water and tried to create a complete picture of understanding the properties of water.

*Key words:* water, health, biophysics, water structure, history, culture.

Vol. 17 №

1-2

2017

**P  
h**

**Physics  
of consciousness  
and life,  
cosmology  
and astrophysics**

---