

РАСШИРЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ С ТОЧКИ  
ЗРЕНИЯ МОДЕЛИ МИРА МИНКОВСКОГО

Сазанов А.А.

*Московская академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова*

С позиций модели мира Минковского выявлен ряд черт строения и эволюции Вселенной. Получен аналог закона Хаббла и найдено, что космологический горизонт ограничивается радиусом  $\frac{cT}{2}$ , а не  $cT$  ( $T$  — возраст Вселенной). Показано, что бесконечность числа галактик не приводит к фотометрическому парадоксу. Высказана гипотеза о существовании Антивселенной и о локализации состояния сингулярности Вселенной не в точке, а в бесконечной области изотропного гиперконуса.

EXPANSION OF THE UNIVERSE FROM THE POINT OF VIEW  
OF MINKOVSKI'S MODEL OF THE WORLD

Sazanov A.A.

Some features of structure and evolution of the Universe have been brought to light from the position of the model of the world, suggested by G. Minkovski. A formula analogous to the law of Hubble has been obtained and conclusion is drawn that the radius of cosmological horizon is equal to  $\frac{cT}{2}$ , but not to  $cT$ , where  $T$  is the age of the Universe. Infinity of the number of galaxies in cosmological model of Minkovski does not entail the photometric paradox. Hypotheses have been suggested that our Universe has a twin, the Antiuniverse, and that both of them in their common state of singularity were located not in the point, but in the infinite space of isotropic hypercone.

Теоретическое осмысление расширения Вселенной изначально базируется на общей теории относительности. Но разрабатываемая некоторыми авторами [1] в последние годы релятивистская теория гравитации (РТГ) исходит из того, что фундаментальным пространством для всех физических полей является не искривленное четырехмерное псевдориманово пространство, а линейное псевдоевклидово пространство Минковского. Рассмотрение космологической модели на основе пространства Минковского является не только необходимым шагом в развитии РТГ, но представляет и самостоятельный интерес в качестве линейного приближения, которое благодаря простоте и геометрической наглядности позволяет по новому увидеть некоторые принципиальные черты строения и эволюции Вселенной.

В модели мира Минковского материальные объекты представляются мировыми линиями, процесс формирования которых (мировой проявляющий процесс) воспринимается нами как течение времени. [2] Дополнив эту модель представлением современной космологии о **сингулярности** как исходном состоянии Вселенной, мы приходим к заключению, что все мировые линии вырастают из одной мировой точки  $S$  — Начала Вселенной, или по крайней мере их продолжения в прошлое должны указывать на точку  $S$  как всеобщий источник материальных объектов. В первом приближении

мировые линии галактик можно считать прямыми, исходящими из точки  $S$  сингулярности. Если точка  $O$  на мировой прямой  $SO$  галактики представляет состояние наблюдателя в его настоящий момент времени, то в ортонормированной системе координат  $OXYZW$  с осью  $OW$ , имеющей направление  $SO$ , изотропный гиперконус с вершиной  $S$  имеет уравнение

$$x^2 + y^2 + z^2 - (w + L)^2 = 0, \quad (1)$$

где  $iL$  — длина отрезка  $SO$ , связанная с возрастом  $T > 0$  Вселенной равенством

$$iL = (ic)T. \quad (2)$$

Если мировая прямая  $SA$  другой галактики образует с  $SO$  угол  $i\alpha$ , то наблюдатели в галактиках воспринимают это как относительное движение галактик со скоростью

$$v = (ic) \cdot tg(i\alpha) = -c \cdot th \alpha. \quad (3)$$

Из простых тригонометрических соотношений получаются равенства

$$v = \frac{1}{T \cdot \left(1 - \left|\frac{t}{T}\right|\right)} \cdot x = \frac{c}{L \cdot \left(1 - \left|\frac{x}{L}\right|\right)} \cdot x, \quad (4)$$

где  $x$  — расстояние между галактиками в системе отсчета наблюдателя  $O$ , а  $t$  — в той же системе отсчета удаленность во времени в прошлое наблюдаемого состояния галактики  $A$ . Коэффициент

$$\frac{1}{T \cdot \left(1 - \left|\frac{t}{T}\right|\right)} = \frac{c}{L \cdot \left(1 - \left|\frac{x}{L}\right|\right)} = J \quad (5)$$

играет в равенстве (4) роль, аналогичную постоянной Хаббла  $\mathcal{H}$  в известном законе

$$v = \mathcal{H} x. \quad (6)$$

Хотя коэффициент  $J$  не является постоянным для данного возраста  $T$  Вселенной, а зависит от расстояния  $x$  до наблюдаемой галактики, диапазон теоретически возможного изменения  $J$  в космологической модели Минковского характеризуется таким же отношением  $J_{max} / J_{min} = 2$ , как и найденные из наблюдений значения постоянной Хаббла [3]

$$\mathcal{H} = (50 \div 100) \frac{1}{\text{млрд лет}} = (1,62 \div 3,24) \cdot 10^{-18} \text{ c}^{-1}. \quad (7)$$

Из ограниченности времени  $T$  существования Вселенной принято делать тот вывод, что расстояние от наблюдателя до наиболее удаленных источников электромагнитного излучения, образовавшихся вблизи состояния сингулярности, ограничено значением  $L = cT$  (см. (2)), которое и принимается традиционно за предельный радиус доступной наблюдениям Вселенной. Но из модели Минковского следует, что верхняя граница радиуса наблюдаемой Вселенной равна  $L/2$  в системе отсчета любого наблюдателя. Согласно специальной теории относительности и модели мира

Минковского мировые линии могут иметь только такие направления, которые принадлежат внутренней верхней (будущей) полости изотропного гиперконуса. А так как точка  $S$  выступает в роли всеобщего первоначала всех имеющихся во Вселенной мировых линий, то они могут находиться только внутри полости исходящей из  $S$  конической гиперповерхности, уравнение которой в указанной выше системе координат  $OXYZW$  имеет вид

$$w = -L + \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} . \quad (8)$$

Уместно назвать гиперповерхность (8) **Краем Света** в знак того, что во внешней по отношению к ней области нет мировых линий. Наблюдатель в мировой точке  $O$  может воспринять электромагнитные сигналы, поступающие к нему только по образующим нижней (прошлой) полости

$$w = -\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} , \quad (9)$$

изотропного гиперконуса с вершиной в точке  $O$ . Изотропные гиперповерхности (8) и (9) пересекаются по собственно евклидовой сфере

$$\begin{cases} w = -\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ w = -L + \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \end{cases} \implies \begin{cases} \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \frac{L}{2} \\ w = -\frac{L}{2} \end{cases} , \quad (10)$$

радиуса  $L/2$ , принадлежащей собственно евклидовой гиперплоскости  $w = -L/2$ . Сфера (10) выступает в роли границы наблюдаемой Вселенной для наблюдателя  $O$ . Расстояние между точкой  $Q(0; 0; 0; -L/2)$  центра сферы (10) и мировой точкой  $O(0; 0; 0; 0)$  наблюдателя не воспринимается зрительно в виде пространственного промежутка, вследствие чего мировая точка  $O$  наблюдателя представляется ему находящейся в том же месте (с координатами  $x = 0$ ,  $y = 0$ ,  $z = 0$ ) **наблюдаемого трехмерного пространства**, что и точка  $Q$ . Вот почему окружающие нас материальные объекты Вселенной мы видим спроецированными на поверхность небесной сферы. К наблюдателю в мировой точке  $O$  могут поступать электромагнитные сигналы лишь от таких имеющихся во Вселенной мировых точек, расстояние  $|x|$  до которых и удаленность  $|t|$  по времени в прошлое **в системе отсчета этого наблюдателя** заключены соответственно в пределах

$$0 < |x| < \frac{L}{2} , \quad 0 < |t| < \frac{T}{2} . \quad (11)$$

Подставив эти пределы в (5), получим

$$\frac{1}{T} < J < 2 \cdot \frac{1}{T} , \quad (12)$$

что совпадает с диапазоном (7) разброса значений коэффициента Хаббла  $\mathcal{H}$ . Если бы оказалось, что оценки значения  $\mathcal{H}$ , полученные для наиболее удаленных объектов, имеют тенденцию систематически превышать оценки, сделанные по объектам, ближайшим к нам, то это было бы веским свидетельством в пользу применимости формул (4) и модели мира Минковского к объяснению строения Вселенной.

Неравенства (11) вовсе не означают, что наблюдению недоступны состояния Вселенной более раннего возраста, чем  $T/2$ , считая от сингулярности. Ведь эти неравенства относятся к системе отсчета пространства и времени данного наблюдателя  $O$ , между тем как независимо от позиции наблюдателя на каждой мировой линии определены **инвариантные промежутки собственного времени**  $\tau$ , связанные с длиной  $il$  соответствующих участков мировой линии соотношением

$$il = (ic)\tau, \quad \text{или} \quad l = c\tau. \quad (13)$$

Важный физический смысл имеет длина мировой линии, отсчитанная от точки  $S$  сингулярности. Даже если начало формирования мировой линии галактики находится на некотором удалении от точки  $S$ , экстраполяция этой линии в прошлое приведет к точке  $S$  как к всеобщему источнику, и потому не лишено физического смысла понятие расстояния любой точки на мировой прямой галактики от точки сингулярности  $S$ . Если в качестве единицы измерения таких расстояний принять  $iL$ , то все мировые точки, отстоящие от точки  $S$  на расстояние  $k(iL)$ , отделены от момента сингулярности одинаковым промежутком собственного времени

$$\tau_k = \frac{k(iL)}{ic} = \frac{kL}{c}, \quad (14)$$

не зависящим от того, с какой системой отсчета связан наблюдатель этих точек. Поэтому мировые точки, находящиеся на одинаковом расстоянии  $k(iL)$  от точки  $S$ , назовем **абсолютно одновременными**, а образуемую такими точками псевдоевклидову гиперсферу

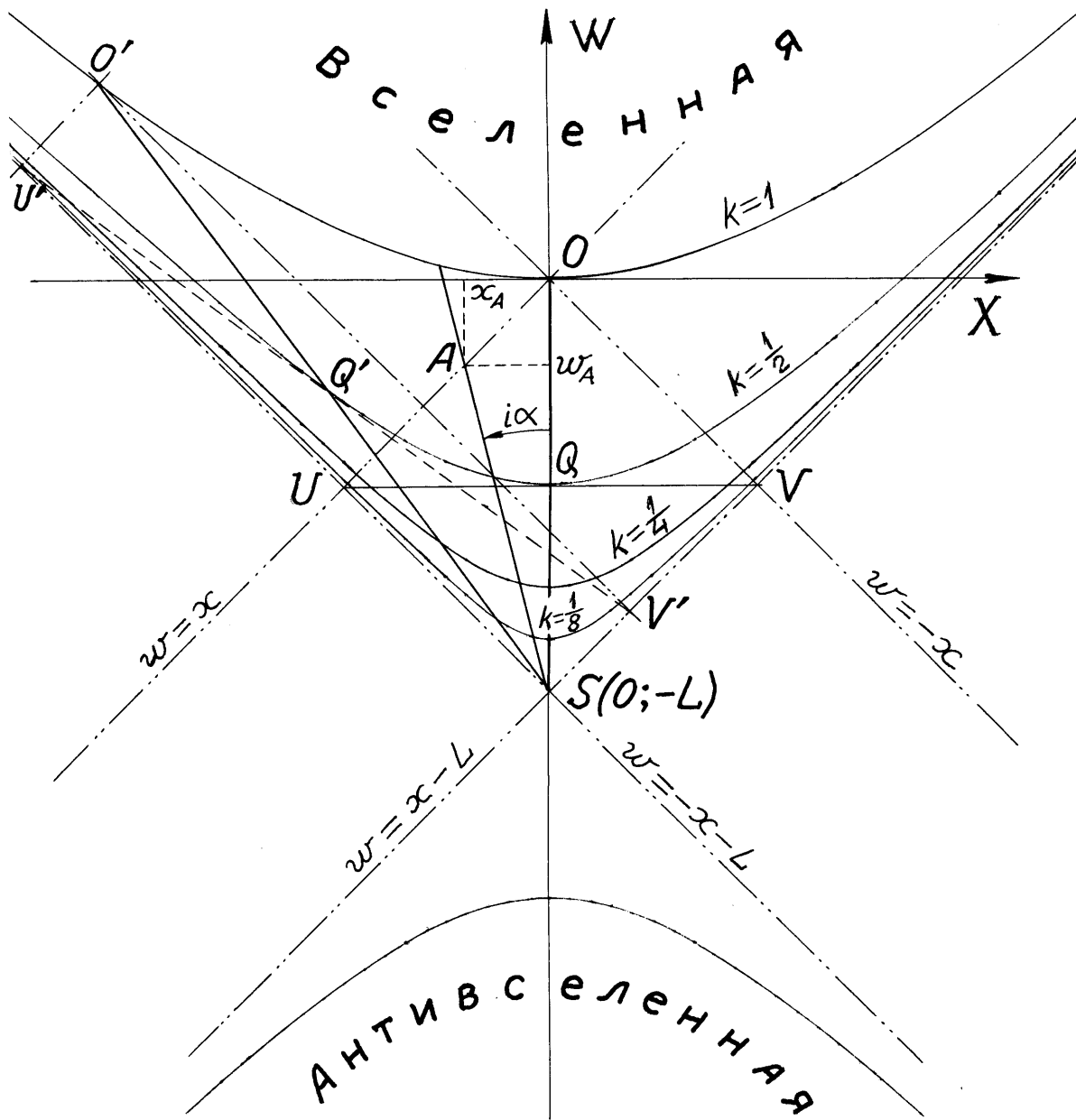
$$w = -L + \sqrt{x^2 + y^2 + z^2 + (kL)^2} \quad (15)$$

назовем **фронтом абсолютной одновременности**, соответствующим моменту (14) **абсолютного времени**.

На рисунке изображено сечение пространства Минковского псевдоевклидовой плоскостью  $OXW$ . Эта плоскость пересекает гиперповерхность (8) Края Света по изотропным  $SU$  и  $SV$ , гиперповерхность (9) — по изотропным  $OU$  и  $OV$ , а каждый фронт абсолютной одновременности (15) — по дуге псевдоевклидовой окружности

$$w = -L + \sqrt{x^2 + (kL)^2}. \quad (15')$$

На рисунке показаны фронты абсолютной одновременности, соответствующие значениям  $k = 1$  (для нашего настоящего момента времени  $\tau_1 = T$ ),  $k = 1/2$ ,  $k = 1/4$  и  $k = 1/8$ . Ясно видно, что задняя (прошлая) полость (9) изотропного гиперконуса с вершиной в точке  $O$  пересекается с фронтами абсолютной одновременности (15), соответствующими любым значениям  $k < 1$ , а это значит, что наблюдатель имеет возможность воспринимать электромагнитные сигналы даже от источников, находящихся в любой близости  $k \ll 1$  к состоянию сингулярности  $S$ . На рисунке столь ранние по возрасту объекты представлены мировыми точками, лежащими на изотропных отрезках  $OU$  и  $OV$  сколь угодно близко к точкам  $U(-L/2; -T/2)$  и  $V(+L/2; -T/2)$ , изображающим границы доступной наблюдению из точки  $O$  Вселенной в плоскости  $OXW$ .



Хотя все имеющиеся во Вселенной мировые линии заключены в пределах изотропного гиперконуса (8), это не накладывает геометрического запрета на существование бесконечного множества мировых линий галактик, что можно наглядно пояснить с помощью рисунка. Изображенная на рисунке псевдоевклидова плоскость  $OXW$  может представлять плоскость, проходящую через любые две образующие  $SU$  и  $SV$  изотропного гиперконуса (8). С любым неизотропным лучом  $SO$  изотропные  $SU$  и  $SV$  составляют бесконечно большие углы  $+\infty$  и  $-\infty$ . Поэтому любой другой неизотропный луч  $SO'$  на псевдоевклидовой плоскости  $OXW$  во всех отношениях равноправен лучу  $SO$ , и по обе стороны от  $SO'$  тоже можно откладывать бесконечно

много конечных углов  $i\alpha$ , например, таких же углов  $i\alpha = i \cdot 10^{-4}$ , как между мировыми линиями нашей галактики и галактики  $M31$  ("Туманности Андромеды"). Дуги псевдоевклидовых окружностей (15'), изображающие на рисунке сечения фронтов абсолютной одновременности (15) для различных значений  $k$ , имеют бесконечную протяженность и могут пересекаться бесконечным множеством лучей, исходящих из точки  $S$ . При этом отрезки дуги (15') между соседними точками таких пересечений перпендикулярны к лучам-радиусам.

Но если мировых линий, исходящих из точки  $S$  сингулярности, бесконечно много во Вселенной, и все они пересекаются с изотропным гиперконусом (9), то нужно объяснить, почему это не приводит к фотометрическому парадоксу Ольберса (яркому сиянию всего небесного свода). Модель мира Минковского позволяет объяснить это очень просто. Образование галактик (а значит и звезд) по современным оценкам началось на довольно поздней стадии эволюции Вселенной, в эпоху порядка  $10^{16}$  секунд ( $0,3 \cdot 10^9$  лет) от состояния сингулярности. Следовательно, если принять для возраста Вселенной значение  $T = 16 \cdot 10^9$  лет (как в справочнике [4]), то на фронтах абсолютной одновременности (15), соответствующих значениям  $k < 1/20$ , еще нет звездных источников света. Значит, хотя те фронты и пересекаются с изотропным гиперконусом (9), имеющим вершину в точке  $O$ , они не вносят в свечение небосвода над наблюдателем  $O$  вклада, сравнимого с более поздними эпохами эволюции материальных объектов. Фронт абсолютной одновременности, соответствующий значению  $k_o \approx 1/20$ , выступает в роли той границы, начиная с которой (для  $k > k_o$ ) появляется излучение галактик. Псевдоевклидова гиперсфера (15), соответствующая  $k_o$ , пересекается с задней полостью (9) изотропного гиперконуса по собственно евклидовой сфере

$$\begin{cases} w = -\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ w = -L + \sqrt{x^2 + y^2 + z^2 + (k_o L)^2} \end{cases} \implies \begin{cases} \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = \frac{L}{2}(1 - k_o^2) \\ w = -\frac{L}{2}(1 - k_o^2) \end{cases} \quad (16)$$

$$\text{радиуса} \quad R_o = \frac{L}{2}(1 - k_o^2) = \frac{cT}{2}(1 - k_o^2). \quad (17)$$

Все галактики, удаленные от наблюдателя  $O$  на расстояние  $R > R_o$  в его системе отсчета, хотя и существуют уже, но недоступны еще его восприятию. Таким образом, наблюдатель в эпоху  $T$  от Начала Вселенной может видеть лишь **конечное число** тех галактик, мировые линии которых пересекают соответствующую параметру  $k_o$  псевдоевклидову гиперсферу (15) в точках, не выходящих за пределы изотропного гиперконуса (9).

В современной космологии точка  $S$  сингулярности выступает в роли источника, или зародыша Вселенной. Столь замечательную роль не может не разделять с точкой  $S$  как своей вершиной и сам изотропный гиперконус (1), который в этой связи назовем **первоначальным** или **креативным**. Особенное физическое значение креативного гиперконуса ярко проявляется в том, что мировые линии не проникают во внешнюю его область

$$x^2 + y^2 + z^2 - (w + L)^2 > 0. \quad (18)$$

Если это и не означает, что во внешней области (18) нет материи, то надо признать, что материя там не существует в форме мировых линий (а именно мировые линии воспринимаются нами как тела). Креативным гиперконусом (1) выделяется в четырехмерном псевдоевклидовом пространстве индекса 1 также **нижняя внутренняя полость**, ограниченная конической гиперповерхностью

$$w = -L - \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} . \quad (19)$$

Чисто геометрически в нижнюю внутреннюю полость могут быть продолжены как в прошлое все мировые линии, сформировавшиеся в верхней внутренней полости известной нам Вселенной. Но у мировых линий нашей Вселенной физически нет прошлого более далекого, чем точка  $S$  сингулярности, в которой вещества быть не может. Поэтому мировые линии, находящиеся в верхней внутренней полости, не являются продолжением мировых линий нижней внутренней полости, если бы таковые в ней и были. А может быть они там действительно есть? Интуитивное чувство ведет нас к той мысли, что вряд ли Большой взрыв, породивший Вселенную, был односторонним, имевшим своим следствием формирование мировых линий только в нашей верхней внутренней полости, ограниченной гиперповерхностью (8). Не уравновешивается он аналогичным проявляющим процессом в противоположной нижней внутренней полости, ограниченной гиперповерхностью (19)? Это означало бы, что Вселенная существует не в одном (известном нам) экземпляре, а в двух экземплярах. Назовем второй экземпляр Вселенной, эволюционирующий в нижней внутренней полости, **Антивселенной**. По отношению к нашей Вселенной мировые линии Антивселенной вырастают (удлиняются) в направлении нашего прошлого, но для них это такое же полноценное направление в будущее (от проявленных областей к еще не проявленным), как для нас наше будущее. Как в нашей Вселенной, так и в Антивселенной радиальное расхождение от точки  $S$  удлиняющихся мировых линий создает **эффект пространственного расширения мироздания**, который в сущности является отражением мирового проявляющего процесса. Легко видеть (например, в двумерном сечении на рисунке), что ни одна изотропная прямая, проходящая через точки верхней внутренней полости, т.е. через нашу Вселенную, не проникает в нижнюю внутреннюю полость, т.е. в Антивселенную. Значит мы не можем воспринимать электромагнитные сигналы из Антивселенной, и в Антивселенную не проникают электромагнитные сигналы из нашей Вселенной.

Проследившая в обратном направлении проявляющий процесс в обеих внутренних полостях, ограниченных гиперповерхностями (8) и (19), мы увидим, что по мере приближения к исходному состоянию фронты абсолютной одновременности (15) в этих полостях

$$w = -L \pm \sqrt{x^2 + y^2 + z^2 + (kL)^2}$$

стремятся как к своему пределу (при  $k \rightarrow 0$ ) к изотропному гиперконусу (1):

$$w = -L \pm \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} , \quad \text{т.е.} \quad (w + L)^2 = x^2 + y^2 + z^2 .$$

На рисунке это иллюстрируется кривыми (15'), построенными для малых значений  $k = \frac{1}{4}$  и  $k = \frac{1}{8}$ , которые при  $k = 0$  вырождаются в пару изотропных прямых  $SU$  и

$SV$ , проходящих через точку  $S$  сингулярности. Но это означает, что именно креативный изотропный гиперконус (1) является той областью мирового пространства, из которой начался процесс проявления (расширения) Вселенной. Таким образом, Вселенная возникает **не из точки  $S$** , а из изотропного гиперконуса (1) с вершиной в точке  $S$ , и состояние сингулярности можно понимать как то зародышевое состояние Вселенной, когда не было частиц с отличной от нуля массой покоя, а были только фотоны, областью существования которых являются **изотропные** линии. Такое представление может радикально изменить общепринятое в космологии мнение о бесконечной плотности числа фотонов и их энергии в состоянии сингулярности. Ведь если область существования первоначальных фотонов не стягивается в точку, а занимает бесконечный объем трехмерной гиперповерхности креативного изотропного гиперконуса (1), то и плотность фотонов в этом объеме может оказаться конечной. Это не лишает точку  $S$  ее особенной роли как вершины креативного изотропного гиперконуса и того центра гиперсфер (15) абсолютной одновременности, на который указывают как на свое начало мировые линии галактик.

Я глубоко признателен Э.В. Кононовичу за то, что на конференции в Пулковском летом 1998 года он посоветовал после моего доклада о модели мира Минковского обратить внимание на приложения этой модели к космологии, и тем инициировал изложенное в данной статье исследование.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А :

1. *Логунов А.А., Мествиришвили М.А.* Релятивистская теория гравитации. — М.: Наука, 1989, с. 10.
2. *Сазанов А.А.* Четырехмерный мир Минковского. — М.: Наука, 1988, 224 с.
3. *Долгов А.Д., Зельдович Я.Б., Сажин М.В.* Космология ранней Вселенной. — М.: МГУ, 1988, с. 8.
4. *Аллен К.У.* Астрофизические величины. — М.: Мир, 1977.