

# ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ МЕТАФИЗИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

DOI: 10.22363/2224-7580-2022-4-109-120

## ДИПОЛЬНАЯ АНИЗОТРОПИЯ КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ КВАЗАРОВ И СВЕРХНОВЫХ ТИПА SN Ia

С.Ф. Левин

*Московский институт экспертизы и испытаний  
Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, д. 31*

**Аннотация.** Обнаружено несоответствие доплеровской интерпретации дипольной анизотропии красного смещения в спектрах излучения сверхновых типа SN Ia, по которым был сделан вывод об «ускорении расширения Вселенной», анизотропии микроволнового фонового (реликтового) излучения и красного смещения квазаров.

**Ключевые слова:** квазары, сверхновые типа SN Ia, реликтовое излучение, анизотропия

### Введение

В 1998 году при метрологической апробации, согласно РРТ 507–98 [1] программы «ММК–стат М» [2], по данным о 124 квазарах [3, ч. 1, табл. 31] была получена интерпретирующая модель 4-мерной диаграммы Хаббла:

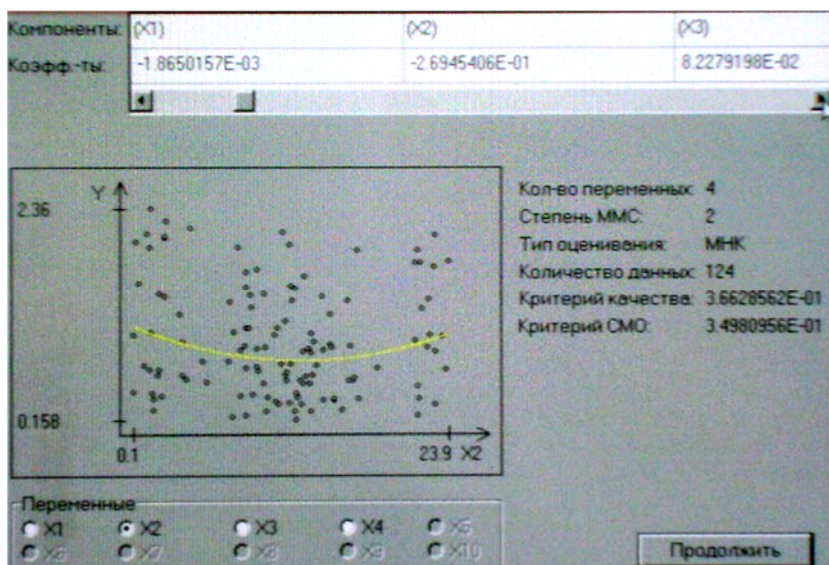
$$\begin{aligned} \lg cz = & -1,8650157 \cdot 10^{-3} \delta - 2,6945406 \cdot 10^{-1} \alpha + 8,2279198 \cdot 10^{-2} m + \\ & + 4,3915797 \cdot 10^{-2} \theta + 2,2102848 \cdot 10^{-3} \alpha^2 + 1,2364350 \cdot 10^{-2} \alpha m + \\ & + 4,9220020 \cdot 10^{-5} \theta^2 + 1,0164755 \cdot 10^{-4} \theta \delta - \\ & - 3,3828735 \cdot 10^{-3} m \theta \pm \mathbf{3,6628562 \cdot 10^{-1}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $c$  – скорость света,  $z > 0$  – красное смещение,  $\delta$  – склонение,  $\alpha$  – прямое восхождение,  $m$  – звездная величина,  $\theta$  – максимальные угловые размеры (рис. 1).

Идентификация модели (1) выполнена методом максимума компактности (ММК), предусматривающим в рамках моделей максимальной сложности (ММС) статистическую проверку структурно-параметрических гипотез вырожденности, непрерывности и композиционной однородности по критерию минимума среднего модуля погрешности неадекватности (СМПН)<sup>1</sup> [4].

<sup>1</sup> Для модели (1) число за знаком «±» – СМПН.

Проекция модели (1) на плоскость  $\lg cz(\alpha)$  указывала на диполь анизотропии *в среднем* – «максимум  $\bar{z}$  при  $\alpha \approx 1^h \rightarrow$  минимум  $\bar{z}$  при  $\alpha \approx 13^h$ », или по прямому восхождению – на апекс движения Солнца относительно реликтового фона.



**Рис. 1. Программа «ММК–стат М», алгоритм ММКМНК (метод наименьших квадратов в схеме перекрестного наблюдения)**

Характеристика положения (1) в проекции на плоскость  $[Y = \lg cz, X_2 = \alpha]$ .

Для эпохи J 1950 года галактическая полярная ось – линия Sculptor (Южный полюс Ps:  $[0^h40^m; -28^\circ]$ )  $\rightarrow$  Coma Berenices (Северный полюс Pn:  $[12^h40^m; +28^\circ]$ ).  
Средний модуль отклонения (СМО) данных от модели (1):  $3,4980956 \cdot 10^{-1}$ .

Красное смещение квазаров обычно рассматривается как гравитационный и доплеровский эффекты [5], а последний из них предполагает одинаковость ориентации диполей его анизотропии независимо от морфологического типа внегалактических объектов. Поэтому совпадение диполей анизотропии для красного смещения галактик и квазаров было само собой разумеющимся.

Результат (1) и аналогичная модель для радиогалактик в 1999 году докладывались на X Российской гравитационной конференции во Владимире на секции профессора В.Б. Брагинского [6]. Кроме того, было показано, что статистические методы в космологии в ряде случаев используются без проверки условий их применимости или с нарушениями логики статистического вывода. Именно тогда Владимир Борисович и порекомендовал ни в коем случае не бросать эти исследования, так как модель (1) фактически уточняла ранее полученные данные о распределении квазаров на небесной сфере.

Конечно, риск затенения квазаров в полосе галактической плоскости был, и их концентрация около полюсов Галактики могла быть случайной<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Англоязычный оригинал [3] 1978 года издания содержал сведения о 383 квазарах и радиогалактиках. Объекты, красное смещение которых имело абсорбционные спектральные особенности (Примечание к табл. 31 [3, ч. 1]), для идентификации (1) не использовались.

Но в том же 1999 году И.Д. Караченцев и Д.И. Макаров идентифицировали для галактик Местного объема эллипсоид локального параметра Хаббла, большая ось которого тоже была ориентирована в точку с экваториальными координатами  $\alpha \approx 13^{\text{h}}$  ( $\alpha_{\text{PN}}$ ) и  $\delta \approx -15^{\circ}$  в созвездии Virgo [7].

### История вопроса

В 1966 году P. Strittmatter, J. Faulkner и M. Walmsley [8] установили, что 67 известных к тому времени квазаров разделены на две почти диаметрально противоположные группы: квазары при  $z > 1,5$  являются высокоширотными, а квазары при  $z < 1,5$  рассеяны по северному галактическому полушарию. Неравномерность распределения квазаров в Южном полушарии объясняли отсутствием телескопов и радиотелескопов в Антарктиде и на океанах Земли. Но в 1967 году D. Wilkinson и R. Partridge отметили: «Неоднородность в распределении квазаров с большими красными смещениями пространственно совпадает с минимумом в распределении теплового реликтового излучения» [9]. Тогда все известные квазары характеризовались  $0,131 \leq z \leq 2,223$  [5, табл. 3.1], и, по мнению Н.С. Кардашева [5. С. 102], «если совпадение реально, то это может явиться сильным аргументом в пользу космологической природы красного смещения, а также в пользу анизотропии модели вселенной». И в 1969 году было обнаружено, что температура реликтового фона в направлении  $P_S$  на 0,1 % ниже, чем *в среднем*, а в противоположном направлении  $P_N$  – на столько же выше. Минимум в области южного галактического полюса  $P_S$  интерпретировался как следствие эффекта Доплера при движении Солнца относительно реликтового фона со скоростью  $\sim 370 \pm 3 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$  в направлении созвездий Leo и Virgo [10]. Это – точка с экваториальными координатами  $\alpha \approx 11^{\text{h}} 38^{\text{m}}$  и  $\delta \approx -3^{\circ} 8'$  на границе созвездий Leo и Virgo.

То, что диполь анизотропии красного смещения квазаров ориентирован максимумом на южный галактический полюс, не противоречило физическим соображениям. Ведь в этом направлении находится Eridanus Supervoid (крупнейшая во Вселенной пустота «CMB Cold spot»<sup>3</sup>), а в противоположном направлении – *суперсистема* сверхскоплений галактик и квазаров «Great Attractor – Shapley» в созвездиях Centaurus, Coma Berenices, Leo и Virgo [12].

В середине 1950-х годов Н. Р. Robertson, F. Hoyle и А. R. Sandage предложили характеризовать космологические модели современными значениями параметров Хаббла  $H_0$  и замедления  $q_0$ . Это подчеркивало модельный характер шкал космологических расстояний. К 1958 году оценки параметра Хаббла снизились с 530 до  $75 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпс}^{-1}$ , а за последующие годы – *в среднем* еще почти в полтора раза [3]. Но, несмотря на этот казус, красное смещение продолжали использовать как непосредственный индикатор расстояния.

<sup>3</sup> Ширина этой области от 150 до 500 миллионов световых лет, а глубина – от 6 до 10 миллиардов световых лет. Радиус «Холодного пятна» составляет  $\sim 5^{\circ}$ , его центр находится в точке с экваториальными координатами  $\alpha = 03^{\text{h}} 15^{\text{m}} 05^{\text{s}}$  и  $\delta = -19^{\circ} 35' 02''$  при  $z \approx 1$  [11]. Даже высказывалось предположение, что это и есть эпицентр Большого взрыва.

Заметим, в теории измерительных задач дрейф оценок параметров при увеличении ряда измерений – признак структурной неадекватности (degeneration) модели объекта измерений и некорректности её параметризации.

В 1983 году в системах спиральных галактик NGC 224 и NGC 3031 было обнаружено необычное явление. Доплеровская интерпретация фиолетового смещения в спектрах излучения приписывала этим галактикам лучевые скорости  $V = -301 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$  ( $z = -0,001$ ) и  $V = -36 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$  ( $z = -0,000113$ ). Но смещение в спектрах излучения карликовых галактик-спутников не вписывалось в закон Хаббла: оно нарастало *во все стороны* от центральных галактик. Аналогичное явление, ранговая инверсия, имеет место и у карликовых спутников нашей Галактики – Малого и Большого Магеллановых облаков [13].

В 1986 году А. Sandage обнаружил рост локальной постоянной Хаббла  $H_0$  на расстояниях (1...2) Мпк и на шкале 20 Мпк [14]. Спустя два года R.V. Tully, соавтор метода Талли – Фишера, зафиксировал пик локальной постоянной Хаббла  $90 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  в диапазоне (7...30) Мпк [15]. А в 1997 году пик  $H_0(2 \text{ Мпк}) \sim 90 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  со спуском до  $H_0(8 \text{ Мпк}) \sim 65 \dots 70 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  к границе Местного объема установил Д.И. Макаров [16].

В 1998 году группа High-Z SN Search Team по сверхновым типа SN Ia для модели Фридмана – Робертсона – Уокера с параметром кривизны  $\Omega_k = 0$ :

$$D_L(z) = (c / H_0) \cdot (1+z) \cdot \int_0^z [(1+z)^2 (1 + \Omega_M z) - z(2+z)\Omega_\Lambda]^{-1/2} dz, \quad (2)$$

где  $\Omega_M$  и  $\Omega_\Lambda$  – параметры так называемой «темной материи» и «темной энергии» соответственно, обнаружила «ускорение расширения Вселенной» и получила оценки  $H_0 = (63,8 \dots 65,2 \pm 1,3) \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  [17].

### Предпосылки тупиковой ситуации в космологии

В 2000 году Hubble Space Telescope Key Project (HST KP) по данным о цефеидах и сверхновых SN Ia при  $z \leq 0,1$  дал оценку  $H_0 = 72 \pm 7 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ , не зависящую от расстояния в пределах  $D = 56 \dots 467 \text{ Мпк}$  [18]. Проверка данных о 36 SN Ia [18, Table 6] в классе непрерывных моделей по критерию минимума СМПН по программе «ММК–стат»<sup>4</sup> в схеме перекрестного наблюдения погрешности неадекватности подтвердила предпочтительность алгоритма наименьших квадратов (ММКМНК) по сравнению с медианным алгоритмом (ММКМЕДС) и независимость оценок  $H_0$  от расстояния [19]:

ММКМЕДС-оценка  $H_0^{[1]} = 71,725 \pm 4,014 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ ;

ММКМНК-оценка  $H_0^{[2]} = 72,186 \pm 3,969 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$ .

Однако более правдоподобными по критерию минимума СМПН оказались модели с «разладкой» и **уменьшением оценок с ростом расстояния**:

<sup>4</sup> Постановлением Госстандарта РФ от 17 июля 2000 г. № 191-ст программы «ММК–стат» и «ММК–стат М» получили статус Рекомендаций по метрологии.

$$H_0^{[1]}(D) = \begin{cases} (72,60 \pm 3,82) \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1} & \text{при } D \leq 309,5 \text{ Мпк} \\ (65,95 \pm 2,50) \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1} & \text{при } D > 391,5 \text{ Мпк} \end{cases}$$

$$H_0^{[2]}(D) = \begin{cases} (71,66 \pm 3,68) \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1} & \text{при } D \leq 309,5 \text{ Мпк} \\ (65,95 \pm 2,50) \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1} & \text{при } D > 391,5 \text{ Мпк} \end{cases}$$

Правда, в данном случае причина «разладки» была скорее в том, что на интервале от 391,5 до 467 Мпк находилось всего 2 сверхновые SN Ia из 36.

Тем не менее стали появляться и другие признаки кризиса.

В 2007 году D. J. Schwarz и В. Weinhorst указали на анизотропию оценок  $H_0$  по данным о сверхновых в полярных галактических полусферах [20], но эти выводы ограничивались красным смещением  $z < 0,2$ .

В 2009 году в отчете WMAP-7 [21] был отмечен парадокс «числа параметров»: дополнение  $\Lambda$ CDM-модели одним–двумя параметрами увеличивало ее точность на 90...300 %, но тогда среднеквадратическое отклонение оценок параметра Хаббла  $H_0$  возрастало в 1,28...6 раз! Это явление в отчётах WMAP названо «degeneration of  $\Lambda$ CDM-model», а в математике оно известно как «стохастическая мультиколлинеарность». Тогда же J. Sollerman et al. [22] отметили: «Выводы о предпочтительности того или иного варианта космологической модели и наличия эффекта «ускорения расширения Вселенной» сильно зависят от выбранного метода статистической обработки данных кривых блеска сверхновых SN». Причем все еще необходимо детально разбираться в оценках систематических эффектов и в гипотезах о виде распределения отклонений данных от интерпретирующей модели.

В 2012 году оценка HST КР была уточнена в Carnegie-Chicago Hubble program:  $74,3 \pm 2,1 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  [23], а в 2013 году Planck Collaboration была получена оценка параметра Хаббла  $H_0 = 67,80 \pm 0,77 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  [24].

В 2014 году в местном объеме был обнаружен красно-фиолетовый диполь анизотропии, ориентированный на максимум температуры микроволнового фона и апекс движения Солнца относительно него [16; 25]: 37 галактик с  $z < 0$  расположены в виде подковы в созвездиях Andromeda, Camelopardalis, Ursa Minor, Draco и Pegasus; 167 галактик с  $z > 0$  группируются к Северному галактическому полюсу в Canes Venatici, Coma Berenices, Virgo и Centaurus.

### Новый казус с параметром Хаббла или тупиковая ситуация

К 2016 году на фоне существенного повышения точности астрофизических измерений в динамике оценок параметра Хаббла проявилась новая тенденция: снижение оценок  $H_0$  замедлилось, но они стали расходиться. Первыми об этом и уже очевидном признаке кризиса заявили специалисты групп High-Z SN Search Team [26] и Carnegie-Chicago Hubble Program [27].

Для оценивания параметра Хаббла в работе [26] была принята не модель Фридмана – Робертсона – Уокера (2), а ее разложение в ряд Тейлора [28]:

$$D_L(z) = (c / H_0) \cdot [z + \frac{1}{2}(1 - q_0)z^2 - \frac{1}{6}(1 - q_0 - 3q_0^2 + j_0)z^3], \quad (3)$$

где  $j_0$  – параметр толчка, и использовались данные измерений на космическом телескопе имени Э. Хаббла  $\sim 300$  сверхновых типа SN Ia и  $\sim 2400$  цефеид в Местной группе при  $0,0233 < z < 0,15$ :  $H_0 = 73,23 \pm 1,74 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$ . Расхождение с оценкой Planck Collaboration рассматривалось как указание на новую физику за пределами  $\Lambda$ CDM-модели. В работе же [27] было обращено внимание на превышающую сакраментальные  $3\sigma$  «нормальной» теории величину этого расхождения с оценкой  $H_0 = (66,93 \pm 0,62) \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$  по данным измерений микроволнового фона зондом Planck в рамках  $\Lambda$ CDM-модели [29].

В этом же 2016 году Alam S. et al. получили оценку параметра Хаббла  $H_0 = 61,4\dots 69,8 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$  [30], а J. T. Nielsen et al. подняли проблемы статистики при определении космического ускорения по сверхновым SN Ia [31].

В 2017 году была обнаружена анизотропия красного смещения сверхновых SN Ia [32], а лидер HST KP В. Фридман назвала сложившуюся в космологии ситуацию *тупиковой*, и для выхода из нее потребовала повысить точность шкалы космологических расстояний до 1 % [33].

В 2018 году M. Raveri и W. Hu продолжили дискуссию о статистической методологии в космологии [34], а K. Migkas и T. H. Reiprich по корреляции между яркостью скоплений галактик в рентгеновском диапазоне и температурой окружающего их газа обнаружили анизотропию оценок параметров  $H_0$  и  $\Omega_M$  по галактическим координатам [35]. Ситуацию с анизотропией и именно по галактическим координатам  $l$  и  $b$  сверхновых SN Ia [17, 36, 37] прояснила модель [38] шкалы космологических расстояний (рис. 2):

$$\begin{aligned} \bar{D}_L(l, b, z) = \\ = 4930,4692z + 2819,7024z^2 + 9,9955969bz - 12,664675lz^2 \pm 247,42842. \end{aligned} \quad (4)$$

Модель (4) может быть представлена в виде

$$\bar{D}_L(l, b, z) = (c/H_0)[(1 + ab)z + \frac{1}{2}(1 - q_0)(1 + al)z^2], \quad (5)$$

где  $ab = +2,027311498 \cdot 10^{-3}$  и  $al = -2,568655129 \cdot 10^{-3}$  – коэффициенты анизотропии по галактическим координатам  $b$  и  $l$ , при оценках параметра Хаббла  $H_0 = 60,80404264 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$  и параметра замедления  $q_0 = -0,14378664$  [38]. Модель не чувствительна к выбросу SN Ia 1997ck при  $z = 0,97$  (рис. 2), что в конце 1990-х годов беспокоило группу High-Z SN Search Team [17] и что характерно одномерной модели (рис. 3).

Предварительно была идентифицирована модель для квазаров (рис. 3):

$$\begin{aligned} z^{[4]}(\alpha, \delta) = 1,2567254 - 4,9223937 \cdot 10^{-3}\alpha^2 - 8,0613005 \cdot 10^{-5}\alpha\delta + \\ + 2,1138589 \cdot 10^{-4}\alpha^3 - 2,9565924 \cdot 10^{-6}\alpha^2\delta \pm 5,3057027 \cdot 10^{-1}, \end{aligned}$$

подтвердившая ранее полученный результат (1): минимум  $\bar{z}$  в области  $P_N$ .

Экваториальные координаты северного галактического полюса  $P_N$  эпохи J2000:  $\alpha = 12^{\text{h}}51^{\text{m}}26,282^{\text{s}}$  и  $\delta = +27^{\circ}07'42,01''$  (созвездие Coma Berenices).

Для 79 сверхновых SN Ia результат проверки оказался неожиданным: в области  $P_N$  оказался максимум красного смещения в среднем (рис. 4a):

$$\begin{aligned} z^{[3]}(l, b) = 8,4388414 \cdot 10^{-3}l + 2,0329349 \cdot 10^{-3}b - 4,6150315 \cdot 10^{-5}l^2 + \\ + 6,7421134 \cdot 10^{-8}l^3 - 7,1086515 \cdot 10^{-7}b^3 + 3,9645819 \cdot 10^{-8}l^2b \pm 0,20036946. \end{aligned}$$

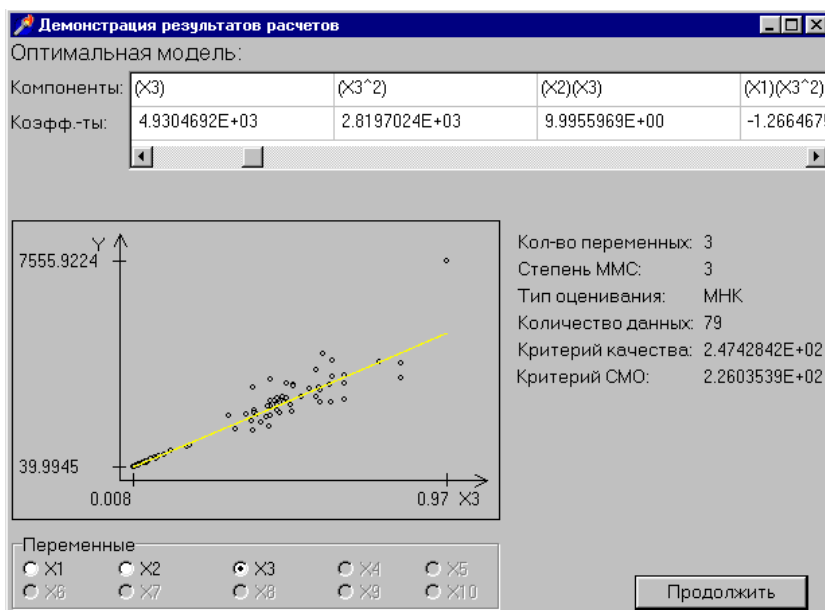


Рис. 2. Программа «ММК–стат М»: модель (4) в проекции на плоскость  $[Y = D_L, X_3 = z]$

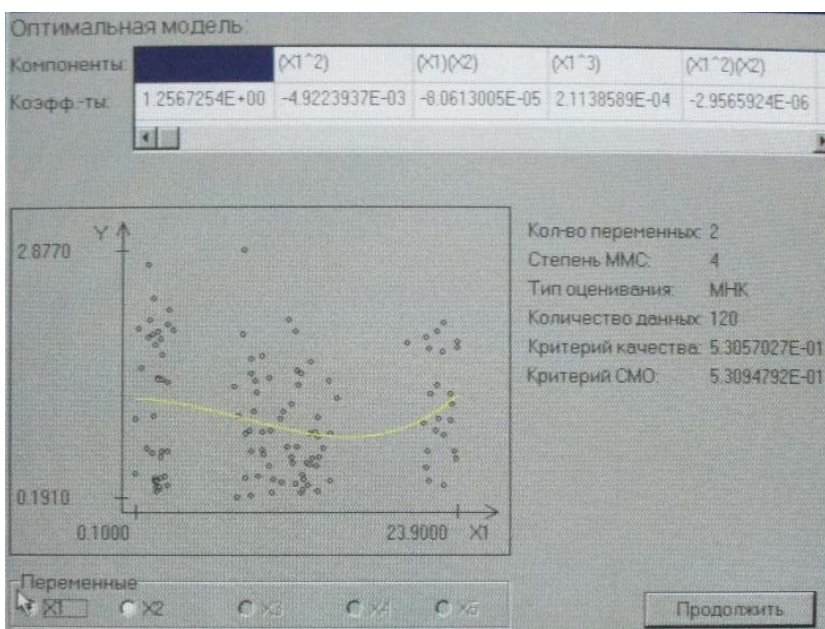
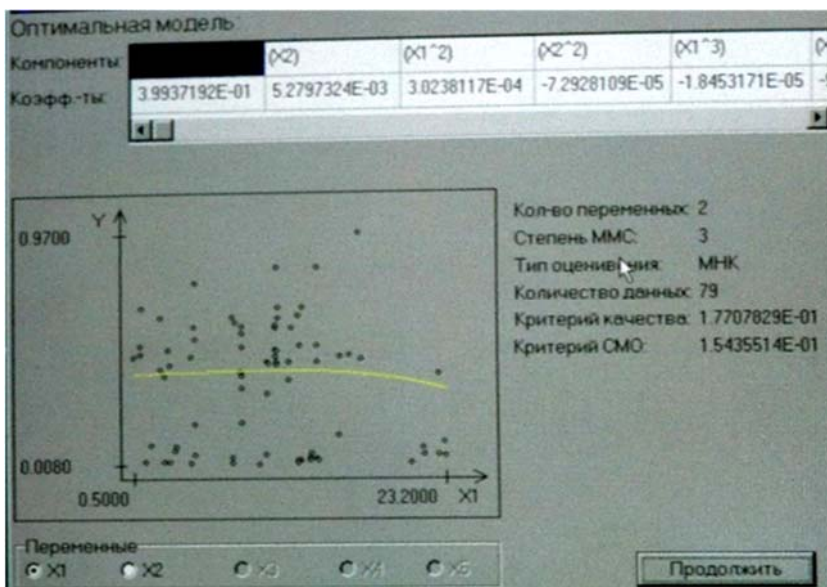


Рис. 3. Программа «ММК–стат М»: зависимость  $z(\alpha, \delta)$  выборки 120 квазаров [3] от прямого восхождения в проекции на плоскость  $[Y = z, X_1 = \alpha]$

В галактических координатах разница экстремумов заметнее (рис. 4б).  
 Еще более нагляден случай  $N = 112$  сверхновых:

$$z^{[5]}(l, b) = 2,9438046 \cdot 10^{-5} l^2 + 1,3958417 \cdot 10^{-5} lb + 8,5045519 \cdot 10^{-7} lb^2 - 1,0202439 \cdot 10^{-9} l^4 + 7,5519981 \cdot 10^{-9} b^4 + 2,2234723 \cdot 10^{-12} l^5 - 8,5409103 \cdot 10^{-11} b^5 - 1,6585121 \cdot 10^{-10} lb^4 \pm 0,21972533.$$

а



б

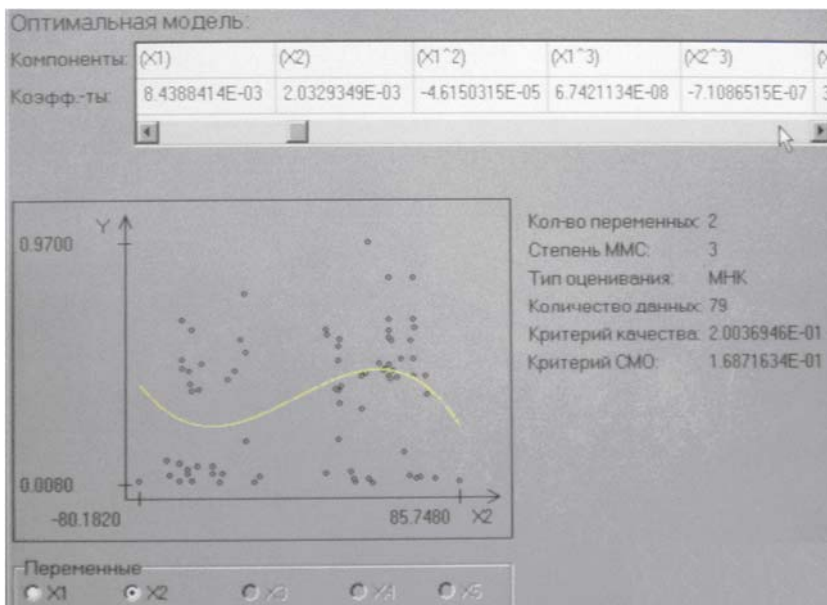


Рис. 4. Характеристики положения моделей  $z(a, \delta)$  и  $z(l, b)$  для  $N = 79$  сверхновых SN Ia: а – в проекции на плоскость  $[Y = z, X_1 = a]$ ; б – в проекции на плоскость  $[Y = z, X_2 = b]$

### Заключение

4 апреля 2013 года в МГТУ имени Н. Э. Баумана с лекцией о Большом взрыве выступал известный физик-теоретик и философ Р. Пенроуз. Он обстоятельно ответил на все вопросы.

Исключение составила просьба прокомментировать «неожиданные результаты и совпадения» [46; 47]:

– совмещение диполей анизотропии микроволнового фона, красного и фиолетового смещения, параметра замедления  $q_0$  и  $H_0$  по оси «Super cluster ↔ Super void + M31» с галактической полярной осью;



- пространственная кривизна астрономической Вселенной  $|\Omega_k| < 0,005$ ;
- вековой дрейф оценок  $H_0 = (530 \rightarrow 67) \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$  и  $q_0 = (+2,6) \rightarrow (-1,0)$ ;
- расхождение оценок параметра Хаббла по данным High-Z SN Search Team  $H_0 = 73,23 \pm 1,74 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$  для модели (3) и по данным Plank Collaboration для  $\Lambda\text{CDM}$ -модели  $H_0 = 66,93 \pm 0,62 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$  более чем на  $3\sigma$ .

Сэр Роджер начал было бодро отвечать, но затем остановился. Причину заминки объяснил профессор Ю.С. Владимиров: переводчик не перевел ряд терминов. После более простых пояснений для их перевода сэр Роджер сказал: „I am not authorized to make comments on results of other researchers“<sup>5</sup>.

Дипломатичный ответ Р. Пенроуза, рекомендации В.Б. Брагинского на конференциях в Институте гравитации и космологии РУДН и рекомендации Ю.С. Владимирова на семинаре «Геометрия и физика» кафедры теоретической физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова фактически инициировали более тщательное исследование обстоятельств обнаружения «ускорения расширения Вселенной» с точки зрения метрологии. Результатом этого исследования стала серия статей «Шкала космологических расстояний», опубликованных в журнале «Измерительная техника» и в переводах на английский язык издательством Springer в 2014–2022 годах.

При этом по фактам, послужившим причиной дискуссии о тупиковой ситуации в космологии, тестами на неадекватность было показано:

- оценки параметра Хаббла  $65,2 \pm 1,3$  и  $63,8 \pm 1,3 \text{ [км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}]$ , полученные в 1998 году группой High-Z SN Search Team, оценкам Plank Collaboration  $H_0 = 67,3 \pm 1,2 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$  согласно традиционному критерию «нормальной» теории « $3\sigma$ » не противоречили;
- изотропная модель 3-го порядка (3), принятая группой А. Рисса вместо использованной в 1998 году модели Фридмана – Робертсона – Уокера с параметром кривизны  $\Omega_k = 0$ , является для сверхновых SN Ia избыточной;
- статистическая методология HST KP не выявила тренда  $H_0$ .

Формально повод для дискуссии можно было бы считать исчерпанным.

Анализ данных о сверхновых SN Ia, которые в работах 1998–1999 годов использовались для обнаружения «ускорения расширения Вселенной», а в работах 2004–2007 годов были «экстраординарными доказательствами» его существования, тестами на неадекватность по программам «ММК–стат» и «ММК–стат М», дал следующую детализацию «космического толчка»:

- «переходу между замедлением и ускорением при  $z \approx 0,73$ » [36] соответствует сочетание разладки и ранговой инверсии  $\sim 887,6 \text{ Мпк}$ ;
- «переходу между двумя эпохами при  $z = 0,46 \pm 0,13$ » [48] соответствует сочетание разладки и ранговой инверсии  $\sim 1007,5 \text{ Мпк}$  и полоса ранговых инверсий от  $1348,9 \text{ Мпк}$  до  $4130,4 \text{ Мпк}$ ;
- «данные вблизи  $z = 0,4$ » [49] содержат две разладки ( $z = 0,44 \dots 0,48$ ) с инверсией  $3235,9 \text{ Мпк} \rightarrow 2228,4 \text{ Мпк}$  и кусочно-линейную модель с параметрами Хаббла  $51,68 \rightarrow 48,01 \rightarrow 42,36 \text{ [км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}]$ , что в обратном времени действительно соответствует замедлению;
- SN1997ap при  $z = 0,83$  [49] находится на  $D_L = 3265,8 \text{ Мпк}$ , а SN1996cl ( $z = 0,828$ ) – на  $D_L = 3801,9 \text{ Мпк}$ , поэтому SN1997ap кажется ярче.

<sup>5</sup> «Я не уполномочен комментировать результаты, полученные другими исследователями».

Главным результатом исследования стало установление факта того, что шкала фотометрических расстояний по красному смещению ни статуса метрической шкалы, ни статуса порядковой шкалы, строго говоря, не имеет:

- красное смещение сверхновых SN Ia представляет собой пространственно-временной 3-мерный тренд 2-го порядка (4) с диполем анизотропии;
- модель пространственно-временного тренда имеет ранговую инверсию, амплитуда которой нарастает мультипликативно до величин  $\sim 1$  Гпк;
- мультипликативное нарушение требований монотонности с ростом красного смещения, видимо, объясняет казусы с оценками параметра Хаббла.

Остается с сожалением добавить, что среди некоторых упомянутых выше космологов встречается ошибочное представление о точности результатов в виде путаницы между среднеквадратическим отклонением выборки и среднеквадратическим отклонением оценки среднего арифметического при использовании метода взвешенных наименьших квадратов. Это завышает оценки точности почти на порядок и приводит к формулировке недостижимых требований. В частности, это относится к требованию повысить точность шкалы космологических расстояний до 1 % [33].

### Литература

1. РРТ 507–98 ГСИ. Задачи измерительные. Методы решения. Термины и определения. М.: Госстандарт России, Российский центр испытаний и сертификации. М., 1998. 20 с.
2. Левин С. Ф., Лисенков А. Н., Сенько О. В., Харатьян Е. И. Система метрологического сопровождения измерительных задач «ММК-стат М»: Структурно-параметрическая идентификация математических моделей многомерных зависимостей между физическими величинами. М.: Госстандарт России, Российский центр испытаний и сертификации. М.: Вычислительный Центр РАН, 1998. 38 с.
3. Ленг К. Астрофизические формулы: руководство для физиков и астрофизиков. Ч. 1 / пер. с англ. Ю. К. Земцова, И. Г. Персианцева и В. Е. Чертопруда; под ред. Л. А. Покровского и В. Л. Хохловой. 448 с.
4. Левин С. Ф. Метод максимума компактности и комплексные измерительные задачи // Измерительная техника. 1995. № 7. С. 15–21.
5. Бербидж Дж., Бербидж М. Квазары / пер. с англ. В. И. Слыша и Г. Б. Шоломицкого; под ред. Н. С. Кардашева. М.: Мир, 1969. 240 с.
6. Левин С. Ф. Метрологическая аттестация математических моделей в измерительных задачах гравитации и космологии // Теоретические и экспериментальные проблемы общей теории относительности и гравитации: тезисы докладов X-й РГК. М.: РГО, 1999. С. 245.
7. Karachentsev I. D., Makarov D. I. Galaxy interaction in the Local Volume // Proceedings of IAU Symposium. 1999. No. 186. P. 109.
8. Strittmatter P., Faulkner J., Walmsley M. Evidence for a correlation between the position and redshift of quasars // Nature. 1966. Vol. 212, no. 5069. P. 1441–1442.
9. Wilkinson D. T., Partridge R. B. Large-scale density non-homogeneities in the Universe // Nature. 1967. Vol. 215. P. 719.
10. Kogut A. et al. Dipole Anisotropy in the COBE Differential Microwave Radiometers First-Year Sky Maps // Astrophysical Journal. 1993. Vol. 419. P. 1–6.
11. Cruz M., Cayón L., Martínez-González E., Vielva P., Jin J. The Non-Gaussian Cold spot in the 3-year WMAP data // Astrophysical Journal. 2007. Vol. 655. P. 11–20. URL: arXiv:astro-ph/0603859v2 25 Sep 2006.
12. Jones D. H. et al. The 6dF Galaxy Survey: Final Red shift Release (DR3) and Southern Large-Scale Structures // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. URL: arXiv:0903.5451v1 [astro-ph.CO]. 31 March 2009.

13. *Arp H.* How Non-velocity red shifts in Galaxies Depend on Epoch of Creation // APEIRON, Winter-Spring. 1991. No. 9–10. P. 53–80.
14. *Sandage A.* The redshift-distance relation // *Astrophysical Journal*. 1986. Vol. 307. P. 1–19.
15. *Tully R. B.* Origin of Hubble constant Controversy // *Nature*. 1988. Vol. 334. P. 209–212.
16. *Макаров Д. И.* Движения галактик на малых и больших масштабах: дис. ... канд. физико-математических наук. Нижний Архыз: CAO РАН, 2000. URL: <http://w0.sao.ru/hq/dim/PhD/full/phd.html>.
17. *Riess A.G. et al.* Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant // *Astronomical Journal*. 1998. Vol. 116. P. 1009–1038.
18. *Freedman W. L., Madore B. F., Gibson B. K., et al.* Final Results from the Hubble Space Telescope Key Project to Measure the Hubble Constant // *Astrophysical Journal*. 2001. Vol. 553. P. 47–72.
19. P 50.2.004–2000 ГСИ. Определение характеристик математических моделей зависимостей между физическими величинами при решении измерительных задач. Основные положения.
20. *Schwarz D. J., Weinhorst B.* (An)isotropy of the Hubble diagram: comparing hemispheres // *Astronomy & Astrophysics*. 2007. Vol. 474. P. 717–729.
21. *Hinshaw G. et al.* 5-year Wilkinson microwave anisotropy probe observations: Data processing sky maps and basic results // *Astrophysical Journal Supplements*. 2009. Vol. 180. P. 225–245.
22. *Sollerman J. et al.* First-year Sloan digital sky Survey-II supernova results: constraints on non-standard cosmological models. URL: [arXiv:0908.4276v2](https://arxiv.org/abs/0908.4276v2) [astro-ph.CO] 1 IX 2009.
23. *Freedman W. L., Madore B. F., Scowcroft V. et al.* Carnegie Hubble program: a mid-infrared calibration of the Hubble constant // *Astrophysical Journal*. 2012. Vol. 758. 24 p.
24. Planck Collaboration. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results // *Astronomy & Astrophysics*. Manuscript Planck Mission 2013. URL: [arXiv: 1303.5062v2](https://arxiv.org/abs/1303.5062v2) [astro-ph.CO] 5 Jun 2014.
25. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Ч. 2: «Неожиданные» совпадения // *Измерительная техника*. 2014. № 4. С. 7–11.
26. *Riess A. G. et al.* A 2.4% Determination of the Local Value of the Hubble Constant // Preprint *Astrophysical Journal*. URL: [arXiv: 1604.01424v3](https://arxiv.org/abs/1604.01424v3) [astro-ph.CO] 9 Jun 2016.
27. *Beaton R. L., Freedman W. L., Madore B. F. et al.* The Carnegie-Chicago Hubble program. I. An independent approach to the extragalactic distance scale using only population II distance indicators, 22 p. URL: [arXiv:1604.01788v3](https://arxiv.org/abs/1604.01788v3) [astro-ph.CO] 11 Nov 2016.
28. *Visser M.* Jerk, snap, and the cosmological equation of state // *Classical and Quantum Gravity*. 2004. Vol. 21. P. 1–13. URL: [arXiv: gr-qc/0309109v4](https://arxiv.org/abs/gr-qc/0309109v4) 31 Mar 2004.
29. Planck Collaboration. Planck intermediate results. XLVI. Reduction of large-scale systematic effects in HFI polarization maps and estimation of the reionization optical depth // *Astronomy & Astrophysics manuscript*. URL: [arXiv: 1605.02985v2](https://arxiv.org/abs/1605.02985v2) [astro-ph.CO] 26 May 2016.
30. *Alam S. et al.* The clustering of galaxies in the completed SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: cosmological analysis of the DR12 galaxy sample. URL: [arXiv:1607.03155v1](https://arxiv.org/abs/1607.03155v1) [astro-ph.CO] 11 Jul 2016.
31. *Nielsen J., Guffanti A., Sarkar S.* Marginal evidence for cosmic acceleration from Type Ia supernovae // *Scientific Reports*. 2016. URL: [arXiv:1506.01354v3](https://arxiv.org/abs/1506.01354v3) [astro-ph.CO] 17 Oct 2016.
32. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Часть 6: Статистическая анизотропия красного смещения // *Измерительная техника*. 2017. № 5. С. 3–6.
33. *Freedman W. L.* Cosmology at a Crossroads: Tension with the Hubble Constant // Invited commentary for *Nature Astronomy*, 10 p. URL: [arXiv.org: 1706.02739](https://arxiv.org/abs/1706.02739). 13 Jul 2017.
34. *Migkas K., Reiprich T. H.* Anisotropy of Galaxy cluster X-ray luminosity-temperature relation // *Astronomy & Astrophysics*. 2018. Vol. 611. A50. P. 1–18.

35. *Raveri M., Hu W.* Concordance and Discordance in Cosmology. URL: arXiv:1806. 04649v1 [astro-ph.CO] 12.06.2018.
36. *Perlmutter S. et al.* Measurements of  $\Omega$  and  $\Lambda$  from 42 high-red shift supernovae // *Astrophysical Journal*. 1999. Vol. 517. P. 565–586.
37. *Пружинская М. В.* Сверхновые звезды, гамма-всплески и ускоренное расширение Вселенной: дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. 149 с.
38. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Часть 7. Новый казус с постоянной Хаббла и анизотропные модели // *Измерительная техника*. 2018. № 11. С. 15–21.
39. *Heckmann O.* *Theorien der Kosmologie*. Berlin: Springer, 1942. 114 s.
40. *Левин С. Ф.* Оптимальная интерполяционная фильтрация статистических характеристик случайных функций в детерминированной версии метода Монте–Карло и закон красного смещения. М.: АН СССР, НСК, 1980. 56 с.
41. *Хойль Ф.* Проверка космологии наблюдениями // Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: ИЛ, 1962. С. 372–400.
42. *Colin J., Mohayaee R., Rameez M., Sarkar S.* Evidence for anisotropy of cosmic acceleration // *Astronomy & Astrophysics*. 2019. Vol. 631. L13. P. 1–6.
43. *Riess A. et al.* Large Magellanic cloud cepheid standards provide a 1% foundation for the determination of the Hubble constant and stronger evidence for physics beyond  $\Lambda$ CDM (Accepted *Astrophysical Journal*, March 26, 2019). URL: arXiv:1903. 07603v2 [astro-ph.CO]. 27 Mar 2019.
44. *Migkas K. et al.* Probing cosmic isotropy with a new X-ray galaxy cluster sample through the LX –T scaling relation // *Astronomy & Astrophysics manuscript* 2020-04-08. URL: arXiv:2004.03305v1 [astro-ph.CO]. 7 Apr 2020.
45. *Di Valentino E., Melchiorri A., Silk J.* Planck evidence for a closed Universe and a possible crisis for cosmology // *Nature Astronomy*. 2020. Vol. 4. P. 196–203.
46. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Часть I. «Неожиданные» результаты // *Измерительная техника*. 2014. № 2. С. 3–8.
47. *Левин С. Ф.* Большой взрыв: философия, статистика и физика // *Метафизика*. 2014. № 3. С. 111–138.
48. *Riess A.G. et al.* Type Ia supernova discoveries at  $z > 1$  from the Hubble space telescope: evidence for past deceleration and constraints on dark energy evolution // *Astrophysical Journal*. 2004. Vol. 607. P. 665–687.
49. *Перлмуттер С.* Нобелевская лекция. Стокгольм. 08.12.2011 г. // *Успехи физических наук*. 2013. Т. 183. № 10. С. 1060–1077.

## DIPOLE REDSHIFT ANISOTROPY QUASAR AND SN Ia SUPERNOVA

S.F. Levin

*Moscow Institute of Expertise and Testing  
31 Nakhimovsky Prospect, Moscow, 117418, Russian Federation*

**Abstract.** A discrepancy between the Doppler interpretation of the dipole anisotropy of the redshift in the emission spectra of SN Ia supernovae was found, according to which the conclusion was made about the “acceleration of the expansion of the Universe”, the anisotropy of the microwave background (relic) radiation and the redshift of quasars.

**Keywords:** quasars, SN Ia supernovae, cosmic microwave background radiation, anisotropy