

DOI: 10.22363/2224-7580-2025-1-31-53

EDN: WGYUZF

УДК 524.88

## «УСКОРЕНИЕ РАСШИРЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ» И СВЕРХНОВЫЕ ТИПА SNIa В ТЕОРИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

С.Ф. Левин

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана*

*Российская Федерация, 105005, Москва, 2-я Бауманская улица, д. 5, стр. 4*

**Аннотация.** Дана краткая характеристика теории измерительных задач как физико-математических задач, для решения которых исходные данные получают путем измерений. Рассмотрены результаты применения этой теории для анализа по программам «ММК-стат» и «ММК-стат М» данных о красном смещении сверхновых типа SNIa в формате модели шкалы космологических расстояний, использованных в качестве доказательств «ускорения расширения Вселенной». Альтернативной интерпретацией этих данных может быть действие гравитационных диполей крупномасштабной неоднородности Вселенной.

**Ключевые слова:** красное смещение, анизотропия, разладка, инверсия, гравитационный диполь, сверхскопление галактик, гигантская пустота

### Введение

В 1938 году А. Лебег указал на сочетание *реального* (физического) и *идеального* (математического) в измерении: «геометрическое измерение начинается как *физический* процесс и имеет *метафизическое* продолжение» [1]. Однако в предисловии к этой книге А.Н. Колмогоров уточнил: «...в геометрических измерениях условие сохранения физического смысла математических операций с величинами на метрических шкалах есть *гомоморфизм*. Система аксиом, лежащих в основе геометрии, является замечательным, концентрированным выражением наших усилий, направленных к познанию действительности».

Другими словами, языку чисел для описания объективной реальности надо учиться, опираясь на физический смысл математических действий с величинами. Но именно искажение прямого смысла слова *измерение* в названиях так называемых «непрямых измерений» (косвенных, совокупных и совместных), связанных с вычислениями, было стандартизовано ГОСТ 16263–70 «ГСИ. Метрология. Термины и определения» и фактически стало причиной того, что длительное время без должной нормативно-методической проработки оставалась неадекватность математических моделей объектов измерений.

В 1958 году монография Ю.В. Линника [2] дополнила вычислительную часть так называемых «непрямых измерений» (косвенных, совокупных, совместных и др.) необходимыми сведениями из алгебры, теории вероятностей и математической статистики, фактически превращая эту часть теории измерений в теорию измерительных задач. Продолжил формирование теории измерительных задач метод максимума компактности (ММК) – метод структурно-параметрической идентификации математических моделей объектов измерений по критериям минимума неадекватности<sup>1</sup> [3] и максимума вероятности согласия [4] в схеме перекрестного наблюдения. Нормативно теория оформилась в Государственной системе обеспечения единства измерений (ГСИ) к концу XX века – Рекомендациями РРТ 507–98 «ГСИ. Задачи измерительные. Методы решения. Термины и определения», Рекомендациями по метрологии Р 50.2.004–2000 «ГСИ. Определение характеристик математических моделей зависимостей между физическими величинами при решении измерительных задач. Основные положения» и Рекомендациями МИ 2916–2005 «ГСИ. Идентификация распределений вероятностей при решении измерительных задач», уточнив определения терминов.

**Математическая модель объекта измерений** – выражение причинно-следственной связи между физическими и расчетными величинами  $Y$  и  $X$ , характеризующими свойства объекта измерений, в виде функции  $y = F(\Theta; x_1, x_2, \dots, x_q, \dots, x_Q) \pm \zeta(x_1, x_2, \dots, x_q, \dots, x_Q)$ , где  $F(\cdot)$  и  $\zeta(\cdot)$  – систематическая и случайная составляющие,  $\Theta$  – множество параметров,  $\dim \Theta = M$ .

**Погрешность неадекватности математической модели** – расчетная величина, разность рассчитанного по данным измерений входных переменных  $\hat{X}$  значения выходной переменной  $\check{y}$  модели объекта и результата ее измерения  $\hat{y}$  в соответствующих расчету условиях:

$$\check{\zeta} = \check{y} - \hat{y} = F(\Theta; \hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_q, \dots, \hat{x}_Q) - \hat{y}.$$

**Измерительная задача** – задача установления количественного соответствия между свойствами физического объекта и характеристиками его математической модели в данных условиях с требуемой точностью путем измерений и вычислений.

Дополнение названий «непрямых измерений» словом *метод* впереди, в отличие от предложения Рекомендаций по межгосударственной стандартизации РМГ 29–99 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» вставить это слово в середину названия, позволило устранить путаницу с *методами измерений*, сохранив в составе названия термина привычное словосочетание. Но главным результатом выделения теории измерительных задач

<sup>1</sup> В то время термина *погрешность неадекватности* еще не было, действовало понятие *адекватности модели* ГОСТ 24026–80 «Планирование эксперимента. Термины и определения», связанное с рассеянием остатков регрессионных моделей, а роль вероятности согласия играл критерий Фишера. В ММК за основу было принято понятие компактности распределения погрешностей как сочетание этих свойств модели объекта измерений.

было существенно более строгое определение *неадекватности математической модели объекта измерений* и обобщение принципа единства измерений до принципа единства измерений и вычислений. К этому времени уже были разработаны и описаны в Р 50.2.004–2000 и МИ 2916–2005 алгоритмы программ структурно-параметрической идентификации математических моделей объектов в виде функций одного («ММК-стат» [5]) и нескольких («ММК-стат М» [6]) аргументов как основа метода совместных измерений. Отличительная особенность этих алгоритмов – логика статистического вывода, основанная на проверке в *схеме перекрестного наблюдения* по критериям *минимума среднего модуля погрешности неадекватности* (СМПН) модели или максимума ее воспроизводимости (вероятности согласия) системы нулевых гипотез:

$H_0$  – гипотезы вырожденности (отсутствия зависимости);

$H_{00}$  – гипотезы непрерывности (отсутствия *разладок*<sup>2</sup>);

$H_{000}$  – гипотезы композиционной однородности отклонений результатов совместных измерений от характеристики положения модели.

Схема перекрестного наблюдения предусматривает следующее.

1. Задание класса моделей моделью максимальной сложности и ее структурирование двоичным кодом, приписыванием структурным элементам модели двоичных чисел, образующих код структуры модели  $\mathcal{Y}$  для перебора вариантов.

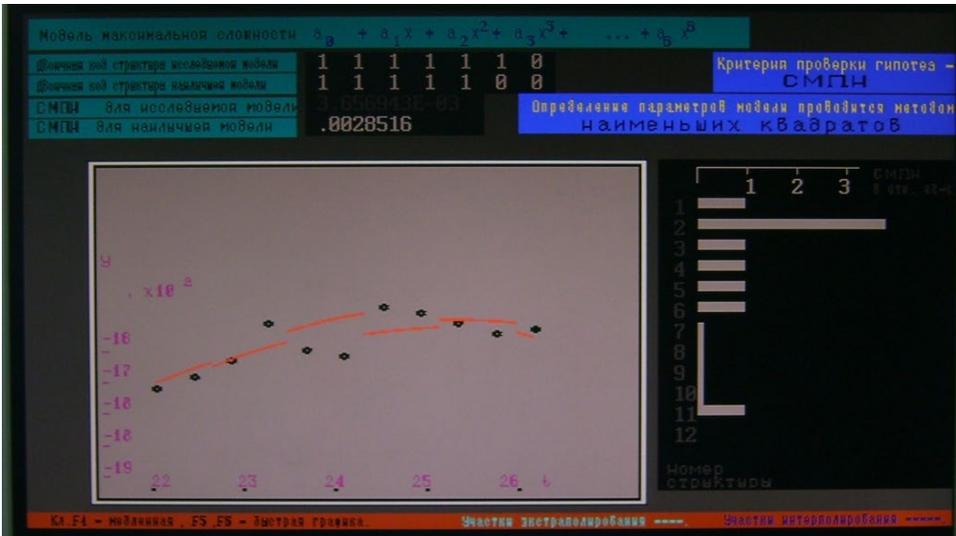
2. Данные совместных измерений для каждого варианта структуры модели с  $M$  параметрами делят на  $(M+1)$  блоков, в каждый из которых экстраполируют полученные на остальной части данных заданным параметрическим методом модели с  $M$  параметрам. Отклонения данных совместных измерений от совокупности этих экстраполяций для варианта структуры модели образует ее так называемый экстраполяционный функционал (наименьших квадратов – МНК, наименьших модулей – МНМ, максимального правдоподобия – ММП, скользящей медианы – МЕДС)<sup>3</sup> (рис. 1).

3. По отклонениям данных совместных измерений от экстраполяционного функционала формируют показатели: средний модуль погрешности неадекватности (СМПН) или вероятность согласия распределения совокупности этих же отклонений с распределением остатков как распределения погрешности аппроксимации –  $\alpha$ -критерий воспроизводимости модели (рис. 2).

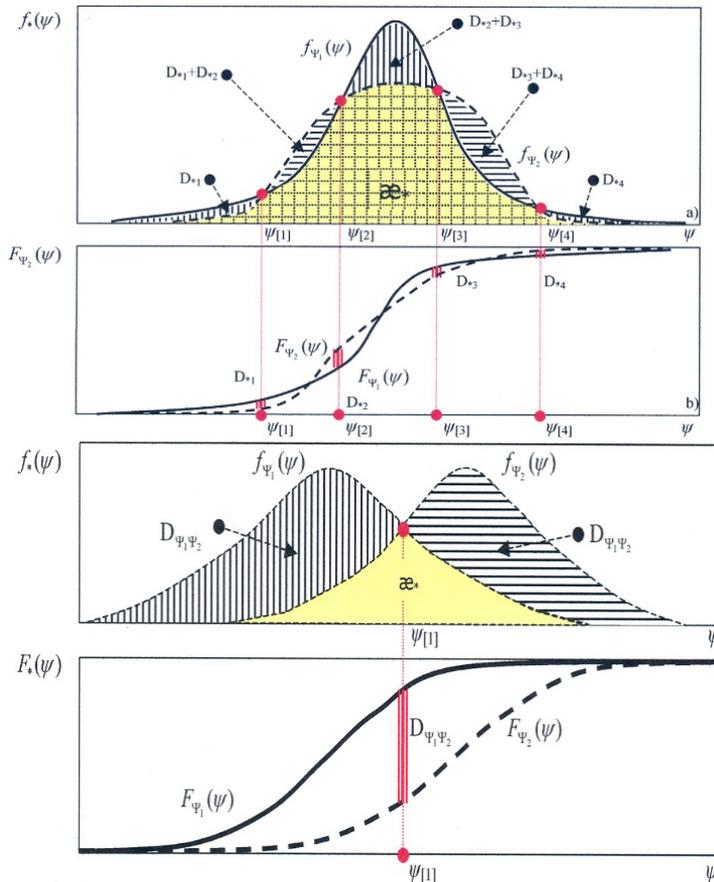
4. Аналогичным образом анализируются и альтернативные модели, а критерий выбора модели – минимум СМПН или максимум  $\alpha$ -критерия, что в итоге дает наиболее устойчивую модель – модель оптимальной сложности.

<sup>2</sup> Термин введен А.Н. Ширяевым [7] для обнаружения момента смены характеристик случайного процесса при статистической проверке непараметрических гипотез в задаче, сформулированной А.Н. Колмогоровым. В ММК задача обнаружения *разладки* решена методом скользящей границы в схеме перекрестного наблюдения, что отличается от обычной проверки статистических гипотез, когда вид распределения не меняется.

<sup>3</sup> Эти алгоритмы идентификации в сочетании со схемой перекрестного наблюдения погрешности неадекватности в ММК обозначены ММКМНК, ММКМНМ, ММКММП и ММКМЕДС.



**Рис. 1. Программа «ММК-стат»: экстраполяционный функционал модели ( $\Theta = 111110$ ) при  $M = 5$  в схеме перекрестного наблюдения для оценивания погрешностей неадекватности**  
 Источник: составлено автором.



**Рис. 2. Вероятность согласия (воспроизводимость) плотностей распределений:  $D_{\Psi_1\Psi_2}$  – расстояние Колмогорова между функциями распределений  $F_{\Psi_1}(\psi)$  и  $F_{\Psi_2}(\psi)$**   
 Источник: составлено автором.

Цель настоящей статьи – выяснить, какие результаты анализа по программам «ММК-стат» и «ММК-стат М» данных о сверхновых типа SNIa в формате модели шкалы космологических расстояний могли бы быть получены ММК и какова их возможная интерпретация в теории измерительных задач.

### Предыстория вопроса

В 1998 году апробация «ММК-стат М» на справочных данных [8] о красном смещении в спектрах радиогалактик (RG) и квазаров (QSO), их угловых координатах на небесной сфере и звездных величинах дала интересный результат. Была обнаружена разнонаправленная и противоположная по знаку дипольная анизотропия красного смещения RG и QSO при усреднении по прямому восхождению [9]. Экстремумы диполей анизотропии совпали с угловыми координатами области галактических полюсов и диполя анизотропии микроволнового фонового излучения (Cosmic Microwave Background – CMB) [10]. В том же году группа High-Z SN Search Team в модели Фридмана – Робертсона – Уокера [11] по 37 сверхновым типа SNIa для модели шкалы фотометрических расстояний

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

где  $c$  – скорость света,  $H_0 = \dot{R}_0 / R_0$  – параметр Хаббла,  $R_0$  – радиус кривизны,  $z$  – красное смещение,  $\Omega_M$  и  $\Omega_\Lambda$  – параметры так называемой «темной материи» и «темной энергии»),  $\Omega_M + \Omega_\Lambda = \Omega_k$  – параметр кривизны, получила оценку  $\Omega_M = 0,21 \pm 0,09$  при  $\Omega_k = 0$  и сделала вывод о *незначительности эффекта локальной пустоты* в космологическом расширении [12]. Тогда же по угловым координатам  $l^\circ$ ,  $b^\circ$  и красным смещениям  $z_n$  методами MLCS (Multicolor light curve shape) формирования многоцветной кривой светимости и подгонки ее шаблона [13–15] были определены фотометрические расстояния до 37 сверхновых типа SNIa, оценен параметр замедления  $q_0 = -\ddot{R}_0 / (R_0 H_0^2) = -1,0 \pm 0,4$  [13, p. 1026] и отмечено, что

№ 1. «Переход между плотностью энергии с преобладанием массы и  $\Lambda$ -доминированием произошел при  $z \approx 0,37$  для плоской  $\Omega_M \approx 0,28$  вселенной, тогда как переход между замедлением и ускорением произошел при  $(1+z)^3 \cdot \Omega_M / 2 = \Omega_\Lambda$ , то есть при  $z = 0,73$ . Это было примерно тогда, когда взорвалась SN 1997G, более 6 миллиардов лет назад».

Как известно, для SN 1997G красное смещение  $z = 0,763$  [15].

В 2003 году группа High-Z SN Search Team [16] обратила внимание на то, что данные, полученные в «потоке Хаббла» при  $0,01 < z < 0,1$  для сверхновых типа SNIa для пустой вселенной, то есть при  $q_0 = 0$ , соответствуют модели

Фридмана–Робертсона–Уокера (1) в разложении по формуле Тейлора 2-го порядка [17]:

$$D_L = (cz/H_0) \cdot [1 + \frac{1}{2} \cdot (1 - q_0)z]. \quad (2)$$

В этом же году была завершена программа по наблюдению далеких сверхновых на космическом телескопе имени Хаббла, основной результат которой был четко сформулирован в нобелевской лекции [18] под заголовком «Экстраординарные утверждения требуют экстраординарных доказательств»

№ 4. «Были открыты шесть сверхновых типа Ia с красными смещениями выше 1,25. С их помощью удалось отвергнуть гипотезы серой пыли и эволюции источников и надежно установить, что Вселенная расширялась с замедлением, прежде чем начала расширяться с ускорением. В физике изменение значения или знака торможения (как следствие изменения силы) обусловлено *резким толчком*».

с прямым указанием причины ускорения расширения – *резкого толчка*.

К этому можно добавить выдержку из другой нобелевской лекции [19]:

№ 3. «Казалось, что самые первые данные вблизи  $z = 0,4$  свидетельствуют о замедляющейся Вселенной без космологической постоянной. Однако измеренные 7 точек давали слишком большой разброс. Даже одна хорошо измеренная на телескопе имени Хаббла сверхновая на вдвое большем красном смещении  $z = 0,83$  стала свидетельствовать о совсем другой истории расширения. Только после измерения 42 сверхновых стало окончательно ясно, что далекие SNIa свидетельствуют об ускоренном расширении Вселенной, в которой доминирует космологическая постоянная, а не обычное вещество».

В 2004 году группа High-Z SN Search Team установила [20], что

№ 2. «Чисто кинематическая интерпретация SN Ia выборки дает доказательства с более чем 99%-ным уровнем достоверности для перехода от замедления к ускорению или аналогично убедительные доказательства для космического толчка. Для простой модели истории расширения переход между двумя эпохами ограничен  $z = 0,46 \pm 0,13$ »,

и приняла разложение Виссера [21] модели (1) по формуле Тейлора 3-го порядка:

$$D_L(z) \cong (c/H_0) \cdot [z + (1/2)(1 - q_0)z^2 - (1/6)(1 - q_0 - 3q_0^2 + j_0)z^3 + O(z^4)] \quad (3)$$

с параметрами замедления  $q_0$  и толчка  $j_0$  для определения параметра Хаббла.

В 2013 году Р. Кинан, Э. Бергер и Л. Коуи сделали вывод о существовании огромной пустой области пространства<sup>4</sup> около 1–2 миллиарда световых

<sup>4</sup> Далее – supervoid.

лет в диаметре, которая содержит Млечный Путь, Местную группу (Local Group) и большую часть сверхскопления<sup>5</sup> Laniakea [23]. Этот крупнейший supervoid, значительно превосходящий по размеру Eridanus supervoid и даже Giant void, назвали KBC supervoid. Открытие вызвало сомнения в выводе группы High-Z SN Search Team [12] о возможности пренебрежения эффектом локальной пустоты.

В 2016 году группа High-Z SN Search Team заявила о повышении точности оценки параметра  $H_0$  до 2,4 % при использовании модели Виссера (2) по данным о 19 цефеидах и 300 сверхновых при  $z < 0,15$  [24]. Но полученная оценка  $H_0 = 74 \pm 3 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$ , как указали специалисты проекта Carnegie-Chicago Hubble [25], значимо, на «3,4 $\sigma$ », разошлась с оценкой по данным измерений CMB Plank Collaboration в рамках  $\Lambda$ CDM-модели  $H_0 = 67,3 \pm 1,2 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$  [26]. Расхождение возникло и с оценками [13–15], что в итоге вызвало дискуссию о ситуации, которую руководитель Hubble Space Telescope Key Project В. Фридман назвала тупиковой [27], и выход из нее казался в повышении до 1 % точности шкалы внегалактических расстояний.

Накануне дискуссии в отчетах по проекту WMAP-7 [28] была зафиксирована Degeneration of  $\Lambda$ CDM-model<sup>6</sup>: парадокс «числа параметров» – дополнение  $\Lambda$ CDM-модели одним-двумя параметрами увеличивает ее точность на 90...300 %, но тогда среднеквадратические отклонения (СКО) оценок параметра Хаббла  $H_0$  возрастали в 1,28...6 раз. И еще тогда ввиду этого явления в приложениях  $\Lambda$ CDM-модели были сформулированы направления исследований по проблемам некорректности применения статистических методов в космологии [30–31]. В том же 2016 году обнаружилась избыточность изотропной модели 3-го порядка с параметром толчка  $j_0$  (3) для принятых в [13; 15] SNIa в вопросе «ускорения расширения Вселенной» – была получена более точная анизотропная модель 2-го порядка [32] с параметром Хаббла  $H_0 = 60,80404264 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$ :

$$D_L(z) = (c/H_0)[(1 + a_{bb})\cdot z + \frac{1}{2}(1 - q_0)(1 + a_{ll})\cdot z^2], \quad (4)$$

где  $a_b = +2,027311498\cdot 10^{-3}$  и  $a_l = -2,568655129\cdot 10^{-3}$  – коэффициенты анизотропии,  $l$  и  $b$  – галактические координаты, параметр замедления  $q_0 = -0,14378664$ . Также выяснилось, что модели (2) и (4) подобны по порядку степеней разложения, а МНМ-идентификация модели с параметром формы  $\alpha$  разлета источников излучения со скоростями  $0 < v < c$  при учете запаздывания и эффекта Доплера [33]

$$D_L(z) = \alpha \cdot (c/H_0) \cdot [(1 + z)^{1/\alpha} - 1] \quad (5)$$

дает  $\alpha = 0,499160639 \approx \frac{1}{2}$  и  $H_0 = 77,2924661 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}\cdot\text{Мпк}^{-1}$ , что при  $q_0 = 0$  соответствует модели (2). Тогда же J.T. Nielsen, A. Guffanti и S. Sarkar тоже обратили внимание на проблемы статистической методологии [34], а в 2017 году для данных о SNIa [13; 15] был обнаружен эксцесс анизотропии красного смещения [35; 36]. В 2020 году К. Migkas, G. Schellenberger, Т.Н. Reiprich,

<sup>5</sup> Далее – supercluster [22. С. 246].

<sup>6</sup> Стохастическая мультиколлинеарность [29].

F. Pasaud, M.E. Ramos-Seja и L. Lovisari по яркости скоплений галактик в рентгеновском диапазоне оценили для модели (2) максимальную вариацию фотометрического расстояния в различных областях небесной сферы:  $\Delta D_L \sim (16 \pm 3) \%$  [37], а E. Di Valentino, A. Melchiorri и J. Silk пришли к выводу о том, что «предположение о плоской Вселенной может маскировать космологический кризис, когда разрозненные наблюдаемые свойства Вселенной кажутся взаимно несовместимыми» [38].

«Тупиковую ситуацию в космологии» можно охарактеризовать словами В.А. Фока [39]: «Вообще любая физическая теория – пусть это будет даже теория тяготения Эйнштейна – имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать ее нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение новых физических понятий, сообразных свойствам изучаемых объектов и применяемых средствам их познания, сообразно свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам из познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, притом возникают новые гносеологические вопросы».

Таким новым физическим понятием стали гравитационные диполи крупномасштабной неоднородности и весьма необычный способ их обнаружения.

### Крупномасштабная неоднородность Вселенной

В 1967 году Д. Вилкинсон и Р. Партридж обнаружили [40], что «неоднородность в распределении квазаров с большими красными смещениями пространственно совпадает с минимумом в распределении СМВ Dipole<sup>-</sup> «Pisces–Pegasus» ( $23^{\text{h}}9^{\text{m}}$ ,  $+6^{\circ}40'$ ; южное галактическое полушарие). Спустя 10 лет было установлено, что относительно реликтового излучения Солнце движется со скоростью  $350 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$  к точке в созвездии Льва с координатами  $\alpha = 11^{\text{h}}$  и  $\delta = +4^{\circ}$  [41]. А в 1981 году по данным измерений на самолетах-разведчиках U-2 был идентифицирован диполь реликтового излучения на оси Leo–Aquarius [42].

Обнаружение анизотропии красного смещения в спектрах излучения галактик и дипольной анизотропии СМВ при доплеровской интерпретации привели в 1980-е годы к обнаружению крупномасштабных потоков галактик к сверхскоплениям Virgo в созвездии Девы и Great Attractor в созвездии Центавра [43]. Позже было установлено, что Местная группа галактик движется относительно СМВ со скоростью  $631 \pm 20 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$ , и «поиск источников этого движения доминировал в космографии с момента открытия диполя» [44].

В 2007 году на фоне гигантского Eridanus supervoid было обнаружено «Холодное пятно» (Cold spot) СМВ при  $z \approx 1$  [45], а M. McClure и C. Dyer в программе HST Key Project показали, что в масштабах  $(10 \dots 20)^{\circ}$  при  $z < 0,08$  расхождения оценок постоянной Хаббла  $\Delta H_0 \approx 9 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$  различных исследователей – следствие ячеистости крупномасштабной структуры Вселенной [46].

В 2009 году было обнаружено совпадение центров анизотропии СМВ и красного смещения для радиогалактик и квазаров с двумя образованиями

крупномасштабной структуры Вселенной. Это – сверхскопление более чем 2500 галактик Virgo supercluster в секторе  $16^\circ \times 10^\circ$  созвездия Девы и скопление более чем 800 галактик в созвездии Волосы Вероники в виде пятна диаметром  $4^\circ$  [47]. В 2010 году анизотропию красного смещения RG и QSO сегментацией небесной сферы на секторы при помощи программы «ММК-стат» удалось привязать по прямому восхождению к парам supercluster  $\leftrightarrow$  supervoid [48]: RG – в секторах ( $\alpha = 21^h - 3^h \leftrightarrow 12^h \pm 3^h$ )  $\rightarrow$  «Leo + Virgo + Centauris» superclusters  $\leftrightarrow$  «Aquarius + Cetus + Eridanus» supervoids; QSO – в секторах ( $\alpha = 9^h \pm 3^h \leftrightarrow 21^h \pm 3^h$ )  $\rightarrow$  «Leo + Virgo + Centauris» supercluster  $\leftrightarrow$  «Aquarius + Cetus» supervoids. Более точные оценки дал дипольный тест суточной гармонике красного смещения [49; 50]: для QSO – максимум при  $\alpha \approx 2,6^h$  («Eridanus + Cetus» supervoids) и минимум – при  $\alpha \approx 14,6^h$  («Virgo + Centaurus» superclusters), а для RG – максимум при  $\alpha \approx 22,1^h$  (Aquarius supervoid) и минимум – при  $\alpha \approx 10,1^h$  (Leo supercluster). Совмещение программ «ММК-стат» и «ММК-стат М» для анализа данных [13–15] обнаружило совпадение *разладок* модели  $D_L(z)$  и диполей анизотропии красного смещения RG и QSO с парами объектов типа «supervoid  $\rightarrow$  supercluster» как диполями крупномасштабной неоднородности: «Eridanus + Cetus» supervoids  $\rightarrow$  «Virgo + Centaurus» superclusters и Aquarius supervoid  $\rightarrow$  Leo supercluster. Координаты диполей на интервалах разладок по программе «ММК-стат» определялись по программе «ММК-стат М». В этих парах на противоположных областях небесной сферы гравитационное воздействие на объекты между ними не уравновешено и проявляется как отталкивание со стороны supervoid.

Совпадение *разладок* с этими парами сначала показалось случайным.

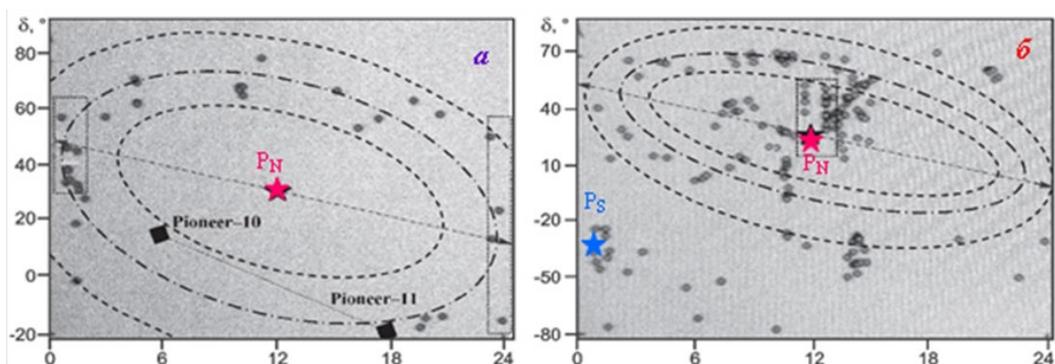
Апексу движения Солнца относительно СМВ соответствует точка Dipole<sup>+</sup> СМВ ( $\alpha = 11^h 9^m$ ,  $\delta = -6^\circ 40'$ ) в центре окна прозрачности около Северного галактического полюса  $P_N$  в районе «Shapley + Virgo + Vela + Coma + Hydra + Great Attractor» superclusters и Leo supercluster. Антиапексу же соответствует СМВ Dipole<sup>-</sup> в «Aquarius + Eridanus» supervoids поперечником до 3 Гпк [51]. Но это уже третий диполь крупномасштабной неоднородности, и это значит, что Млечный путь движется в направлении  $P_N$  в сторону гигантской системы сверхскоплений галактик, оставляя за собой гигантскую систему пустот у  $P_S$ .

Однако «в Северном экваториальном полушарии есть фиолетовая составляющая – 37 галактик Местного объема в виде дугообразной полосы в созвездиях Андромеды, Жирафа, Большой Медведицы, Дракона и Пегаса» [52]. Полоса вытянулась «подковой» между точками пересечения эклиптики и галактического экватора с центром на границе созвездий Девы и Льва (рис. 3, а), а 167 галактик Местного объема с красным смещением группируются к Северному галактическому полюсу  $P_N$  в созвездиях Гончих Псов, Девы и Центавра более равномерно (рис. 3, б) [53], образуя красно-фиолетовый диполь.

И получается, что Млечный путь относительно галактик Местного объема двигается в сторону, противоположную Северному галактическому

полюсу, не к «Leo + Coma + Virgo» superclusters, а к «Aquarius + Eridanus» supervoids.

Красно-фиолетовый диполь соответствует гравитационным диполям «Eridanus supervoid + Fornax void → Virgo supercluster» и «Aquarius supervoid → Leo supercluster», способствующим сближению Млечного пути и галактики Андромеды, окружение которой в Local Group для земного наблюдателя имеет фиолетовое смещение. Галактики же Local Group, концентрирующиеся в области Северного галактического полюса  $P_N$ , находятся существенно ближе к крупнейшим компонентам Полярного диполя-гиганта, Virgo supercluster и Leo supercluster, испытывают большее ускорение и движутся в этом направлении с большей скоростью, чем Млечный путь. Поэтому в спектрах их излучения наблюдается красное смещение [54].



**Рис. 3. Распределение по небесной сфере в экваториальных координатах галактик Местного объема с фиолетовым (а) и красным (б) смещением (звездочки – галактические полюса)**

*Источник: составлено автором.*

В 2013 году замечено, что диполи анизотропии СМВ, параметров Хаббла и замедления ориентированы по оси « $P_S$  – гигантская система «Aquarius + Eridanus» supervoids →  $P_N$  – крупнейшая система «Great Attractor + Shapley + Centaurus + Leo + Coma + Virgo» superclusters, и эти две системы образуют *супердиполь неоднородности* [51]. К тому же движение Галактики в этом направлении сопровождается ее вращением и аналогично закручиванию воды при входе в водосток.

Физический смысл тупиковой ситуации в космологии связан не столько с расхождением оценок параметра Хаббла, как отметил В. Фридман, сколько с тем, что возможности изотропной модели Фридмана–Робертсона–Уокера как функции одного измеримого аргумента, красного смещения  $z$ , исчерпаны [55].

Рассмотрим подробнее модель шкалы расстояний  $D_L(z)$  в выделенных «расширением Вселенной» точках [ $z = 0,73$ ], [ $z = 0,46 \pm 0,13$ ] и [ $z = 0,83$ ].

## Идентификация шкалы космологических расстояний по сверхновым SNIa

Экспериментальной основой решения о существовании «космологического расширения Вселенной» были 79 сверхновых типа SNIa [13, 15] (табл. 1), а в качестве «экстраординарных доказательств» [16. С. 1096] были приняты данные [20; 56] еще о 41 сверхновой типа SNIa (табл. 2).

Данные табл. 2 получены из Глубокого поля Хаббла (Hubble Deep Field – HDF) в Большой Медведице и Ультраглубокого поля Хаббла (Hubble Ultra Deep Field – HUDF) на границе созвездий Печи и Эридана. Оба поля расположены на участках неба диаметром порядка нескольких угловых минут вблизи галактических полюсов и удалены от ярких звезд Млечного пути, что позволяет наблюдать весьма тусклые объекты, оказавшиеся галактиками с большими красными смещениями. Эти данные будут проанализированы отдельно.

Для сравнения воспользуемся также данными о 33 так называемых «чистых», то есть далеких «от центра родительской галактики» сверхновых SNIa [57, табл. 1.2].

Таблица 1. Данные о сверхновых типа SNIa [13; 15]

<i>n</i>	SN Ia	$l^\circ$	$b^\circ$	$z_n$	$D_{Lr}$ , Мпк	$\delta_n$ , %	<i>n</i>	SN Ia	$l^\circ$	$b^\circ$	$z_n$	$D_{Lr}$ , Мпк	$\delta_n$ , %
1	1992bo	258,945	-80,182	0,018	87,90225168	15,576073	41	1994H	173,587	-52,927	0,374	1348,962883	-26,852166
2	1992bc	245,160	-59,323	0,020	94,18895965	7,9885584	42	1994al	163,667	-34,258	0,420	2228,435149	9,1018628
3	1992aq	2,020	-65,920	0,101	480,8393484	5,8388039	43	1994am	173,633	-52,972	0,372	1729,816359	1,63902694
4	1992ae	332,748	-42,492	0,075	363,0780548	8,5434752	44	1994an	70,385	-49,352	0,378	2004,472027	6,03513476
5	1992P	297,821	72,898	0,026	141,9057522	-3,347137	45	1995aq	114,498	-54,416	0,453	2477,422058	11,2988828
6	1990af	330,848	-42,728	0,050	202,3019179	-10,03567	46	1995ar	128,837	-58,151	0,465	2606,153550	15,0211205
7	1994M	293,175	62,865	0,024	119,6740531	-11,66121	47	1995as	128,932	-58,018	0,498	3006,076303	20,5973305
8	1994S	187,897	85,748	0,016	71,44963261	-30,94071	48	1995at	130,428	-57,807	0,655	2500,345362	-29,024617
9	1994T	319,129	59,432	0,036	172,9816359	-13,47406	49	1995aw	166,109	-53,511	0,400	1674,942876	-10,092907
10	1995D	230,726	40,094	0,008	39,99447498	-11,16161	50	1995ax	166,684	-53,339	0,615	2398,832919	-21,100724
11	1995E	142,092	30,696	0,012	52,48074602	-17,49785	51	1995ay	177,325	-47,855	0,480	2523,480772	11,3917978
12	1995ac	59,737	-55,415	0,049	234,4228815	7,1588247	52	1995az	202,361	-30,921	0,450	2301,441817	7,94616412
13	1995ak	177,223	-53,099	0,022	107,1519305	9,3141820	53	1995ba	216,464	23,509	0,388	1949,844600	-3,2398070
14	1995bd	187,454	-21,055	0,016	67,60829754	-11,32970	54	1996cf	251,452	50,269	0,570	2594,179362	-15,953316
15	1996C	98,671	65,066	0,028	157,0362804	-0,097879	55	1996cg	221,256	22,652	0,490	2322,736796	-8,9246629
16	1996ab	42,954	56,447	0,125	633,8697113	-12,09104	56	1996ci	334,069	61,574	0,495	2051,162179	-21,219162
17	1992ag	313,22	38,025	0,026	118,5768748	-15,95334	57	1996ck	302,781	61,832	0,656	3090,295433	-7,2027149
18	1992al	347,526	-39,063	0,014	60,81350013	-4,134940	58	1996cl	257,574	48,867	0,828	3801,893963	-12,044932
19	1992bg	274,758	-18,329	0,036	178,6487575	4,7011340	59	1996cm	11,185	46,139	0,450	2546,830253	-11,204997
20	1992bh	267,74	-37,238	0,045	240,9905429	15,243304	60	1996cn	335,246	61,294	0,430	2454,708916	10,9400163
21	1992bl	344,001	-64,486	0,043	178,6487575	-1,968842	61	1997F	204,717	-27,879	0,580	2844,461107	3,13751481

Окончание табл. 1

n	SN Ia	$l^\circ$	$b^\circ$	$z_n$	$D_{Ln}$ , Мпк	$\delta_n$ , %	n	SN Ia	$l^\circ$	$b^\circ$	$z_n$	$D_{Ln}$ , Мпк	$\delta_n$ , %
22	1992bp	208,894	-50,536	0,079	338,8441561	-3,414712	62	1997G	202,595	-25,926	0,763	3854,783577	4,66727670
23	1992br	287,353	-59,547	0,088	438,5306978	14,087611	63	1997H	202,639	-25,632	0,526	2570,395783	2,30558639
24	1992bs	239,675	-54,985	0,063	332,6595533	17,226671	64	1997I	202,631	-25,625	0,172	762,0790100	-6,2354308
25	1993H	318,83	29,929	0,025	109,6478196	-17,69800	65	1997J	210,337	15,928	0,619	3341,950400	4,39074404
26	1993O	313,028	28,566	0,052	254,6830253	-5,588166	66	1997K	216,79	16,605	0,592	4168,693835	27,1583972
27	1993ag	268,954	16,010	0,050	229,0867653	-10,62503	67	1997L	220,511	22,379	0,550	2884,031503	1,49542814
28	1996E	253,85	34,546	0,43	2228,435149	0,6531466	68	1997N	221,144	22,598	0,180	816,5823714	-13,718278
29	1996H	292,206	62,084	0,62	3944,573021	19,176703	69	1997O	220,554	22,498	0,374	2937,649652	34,2711087
30	1996I	278,248	59,995	0,57	3564,511334	16,372452	70	1997P	257,573	48,453	0,472	2387,811283	-3,9447040
31	1996J	253,951	34,535	0,30	1887,991349	17,585065	71	1997Q	257,872	48,576	0,430	1887,991349	-20,081710
32	1996K	224,871	20,935	0,38	2118,361135	7,9455213	72	1997R	257,948	48,697	0,657	3388,441561	-0,7731796
33	1996U	261,151	68,172	0,43	3235,936569	27,513718	73	1997S	257,962	48,899	0,612	3019,95172	-5,6693936
34	1997ce	69,188	36,344	0,44	2454,708916	-6,363111	74	1997ac	220,499	22,988	0,320	1412,537545	-17,048983
35	1997cj	125,399	54,904	0,50	3019,95172	1,6502731	75	1997af	220,515	22,921	0,579	2924,152378	-2,3940973
36	1997ck	57,577	38,073	0,97	7555,922277	12,332040	76	1997ai	250,966	50,626	0,450	2108,62815	-13,441220
37	1995K	260,581	43,492	0,48	3090,295433	19,346646	77	1997aj	257,594	48,417	0,581	2421,029047	-25,315721
38	1992bi	63,066	46,907	0,458	1986,094917	-40,30204	78	1997am	257,348	49,259	0,416	1853,531623	-18,636420
39	1994F	260,41	68,302	0,354	1949,844600	0,3920903	79	1997ap	334,591	61,389	0,830	3265,878322	-18,511742
40	1994G	162,919	53,335	0,425	1506,607066	-60,91095	-	-	-	-	-	-	-

Примечание:  $n = 1 \dots 37$  [13],  $n = 38 \dots 79$  [15]. Данные о фотометрических расстояниях  $D_{Ln}$  получены по формулам модуля расстояний из [13], относительные отклонения  $\delta_n$  определены для модели оптимальной сложности (4).

Прежде всего, данные [13; 15; 56] были проверены на композиционную однородность (гипотеза  $H_{000}$ ), то есть описанием единой моделью (табл. 3) вида  $D_L(z) = \theta_{000} + \theta_{..0}(l, b) + \theta_{001} \cdot z + \theta_{002} \cdot z^2 + \theta_{..3} \cdot z^3$ , где многоточие в индексах параметров учитывает степени переменных, галактических координат  $l$  и  $b$ , независимо от красного смещения.

Таблица 2. Данные о сверхновых типа SNIa [20; 56]

№	SN	$z$	$D_r$ , Мпк	Поле	№	SN	$z$	$D_r$ , Мпк	Поле	№	SN	$z$	$D_r$ , Мпк	Поле
1	1997ff	1,755	11748,97555	HDF	15	2003be	0,640	3999,447498	HDF	29	HST05Lan	1,230	9862,794856	HDF
2	2002dc	0,475	3076,096815	HDF	16	2003dy	1,340	9638,290236	HDF	30	HST04Tha	0,954	5888,436554	HDF
3	2002dd	0,950	6251,726928	HDF	17	2002ki	1,140	8749,837752	HDF	31	HST04Rak	0,740	4742,419853	HDF
4	2003aj	1,307	9954,054174	HDF	18	2003ak	1,551	10327,61406	HDF	32	HST05Zwi	0,521	2570,395783	HDF
5	2002fx	1,400	11376,27286	HDF	19	2002hp	1,305	7979,946873	HDF	33	HST04Haw	0,490	3221,068791	HDF
6	2003cq	0,840	5420,008904	HDF	20	2002fw	1,300	10280,16298	HDF	34	HST04Kur	0,359	1761,976046	HDF
7	2003es	0,954	7244,359601	HDF	21	HST04Pat	0,970	8590,135215	HDF	35	HST04Yow	0,460	2792,543841	HDF

№	SN	z	$D_L$ , Мпк	Поле	№	SN	z	$D_L$ , Мпк	Поле	№	SN	z	$D_L$ , Мпк	Поле
8	2003az	1,265	8472,274141	HDF	22	HST04Mcg	1,370	11117,31727	HDF	36	HST04Man	0,854	6194,410751	HDF
9	2002kc	0,216	1164,126029	HDF	23	HST05Fer	1,020	6280,583588	HDF	37	HST05Spo	0,839	4897,788194	HDF
10	2003eb	0,900	5345,643594	HDF	24	HST05Koe	1,230	10814,33951	HDF	38	HST04Eag	1,020	8016,780634	HDF
11	2003XX	0,935	6223,002852	HDF	25	HST05Dic	0,638	3784,425847	HDF	39	HST05Gab	1,120	8590,135215	HDF
12	2002hr	0,526	4130,47502	HDF	26	HST04Gre	1,140	7726,805851	HDF	40	HST05Str	1,010	8994,975815	HDF
13	2003bd	0,670	4345,102242	HDF	27	HST04Omb	0,975	6950,243176	HDF	41	HST04Sas	1,390	9549,92586	HDF
14	2002kd	0,735	4246,195639	HDF	28	HST05Red	1,190	5345,643594	HDF	-	-	-	-	-

Перебор возможных комбинаций данных показал, что все выборки по отдельности композиционно однородную совокупность не образуют, и принятие гипотезы  $H_{000}$  возможно только за счет объединения выборок при увеличении СМПН, обращая внимание на наличие в модели членов, не зависящих от  $z$ .

Таблица 3. Проверка на композиционную однородность данных о SN Ia

№ п/п	Состав выборки	N	Наличие структурных элементов					$q_0$	$H_0$ , км·с <sup>-1</sup> ·Мпк <sup>-1</sup>	СМПН, Мпк	Суммарный СМПН, Мпк
			$\theta_{000}$	$\theta_{,0}(lb)$	$\theta_{001} \cdot z$	$\theta_{002} \cdot z^2$	$\theta_{,3} \cdot z^3$				
1	27 [13]	27	-	+	+	-	-	-	61,61158337	<b>11,068886</b>	
2	33 [55]	33	-	+	+	-	-	-	62,52214331	78,911354	
3	10 [13]	10	-	+	-	-	-	-	-	89,506042	
4	42 [15]	42	+	+	-	+	+	-	-	257,43274	
5	27+33	60	-	+	+	-	-	-	57,61546093	70,458221	
6	{27} + 33	27+33	(27×11,068886 + 33×78,911354)/60 =								48,3822434
7	27+10	37	+	+	+	-	+	-	-	58,518127	
8	{27} + 10	27+10	(27×11,068886 + 10×89,506042)/37 =								32,26811735
9	27+42	69	+	-	+	-	-	1,000733861	52,66547093	173,63211	
10	{27} + 42	27+42	(27×11,068886 + 42×257,43274)/69 =								161,0294928
11	33+10	43	-	+	+	+	-	-2,150035384	72,65568241	136,25961	
12	33 + {10}	33+10	(10×89,506042 + 33×78,911354)/43 =								81,37523493
13	33+42	75	+	+	+	+	+	1,541311597	87,55912376	227,31390	
14	33 + {42}	33+42	(42×257,43274 + 33×78,911354)/75 =								178,8833302
15	27+10+33	70	-	+	+	-	-	-3,350638341	93,90931934	78,289024	
16	{27+10} + 33	37+33	(37×58,518127 + 33×78,911354)/70 =								68,13207687
17	<b>27+10+42</b>	<b>79</b>	-	-	+	+	-	<b>-0,14378664</b>	<b>60,80404234</b>	<b>247,42842</b>	
18	{27+10} + 42	37+42	(37×58,518127 + 42×257,43274)/79 =								164,2701997
19	10+42+33	85	-	-	+	+	-	-0,247404035	63,47458096	261,63760	
20	27+42+33	102	+	+	+	+	+	-1,441257709	86,27635027	170,36908	
21	27+10+42+33	112	-	+	+	+	-	0,6092962354	51,5893877	227,00719	
22	{27+10+33} + 42	70+42	(70×78,289024 + 42×257,43274)/112 =								145,4679175
23	{10+42+33} + 27	85+27	(27×11,068886 + 85×261,63760)/112 =								201,2326422
24	{27+33+42} + 10	102+10	(10×89,506042 + 102×170,36908)/112 =								163,1491659
25	{27+10+42} + 33	79+33	(79×249,81485 + 33×78,911354)/112 =								199,4593556

Примечание. Фигурными скобками обозначены объединения данных.

Лучший результат дало объединение данных табл. 1 с суммарным показателем неадекватности СМПН = 164,2701997 Мпк, то есть «чистые» сверхновые SNIa в лучший вариант объединения данных не вошли. Проверка показала, что в зависимости от алгоритма идентификации выводам № 1 и № 3 [15] соответствует разладка [0,763 → 0,828], а выводам № 2 и № 4 [13; 18] – разладки [0,44 → 0,48; 0,57 → 0,62] (табл. 4 и рис. 4, 5).

Таким образом, три существенных признака (№№ 1–3) «ускорения космологического расширения Вселенной» и «космического толчка» оказались связанными с разладками модели космологических расстояний, которые были обнаружены при проверке гипотезы  $H_{00}$  методом скользящей границы.

Таблица 4. Разладки модели шкалы  $D_L(z)$  по красному смещению  $z$  [15]

Алгоритм	ММКМНК		ММКМЕДС				
Диапазон однородности	0,172...0,83		0,008...0,97				
Интервал непрерывности	0,172... <b>0,763</b>	<b>0,828</b> ...0,83	0,008...0,079	0,088...0,125	<b>0,3...0,44</b>	<b>0,48...0,57</b>	<b>0,62</b> ...0,97
Объем выборки $N$	40	2	24	3	5	3	2
Код структуры	010000	100000	01000	01000	01000	01000	01000
$H_0$ , км·с <sup>-1</sup> ·Мпк <sup>-1</sup>	60,63997578	–	63,28883891	60,34865774	51,68692898	48,01106332	42,36803086
СМПН, Мпк	279,2859	536,0161	11,97061	21,62077	274,2916	68,66854	1134,779
Общий СМПН, Мпк	291,5111476		113,4913127				

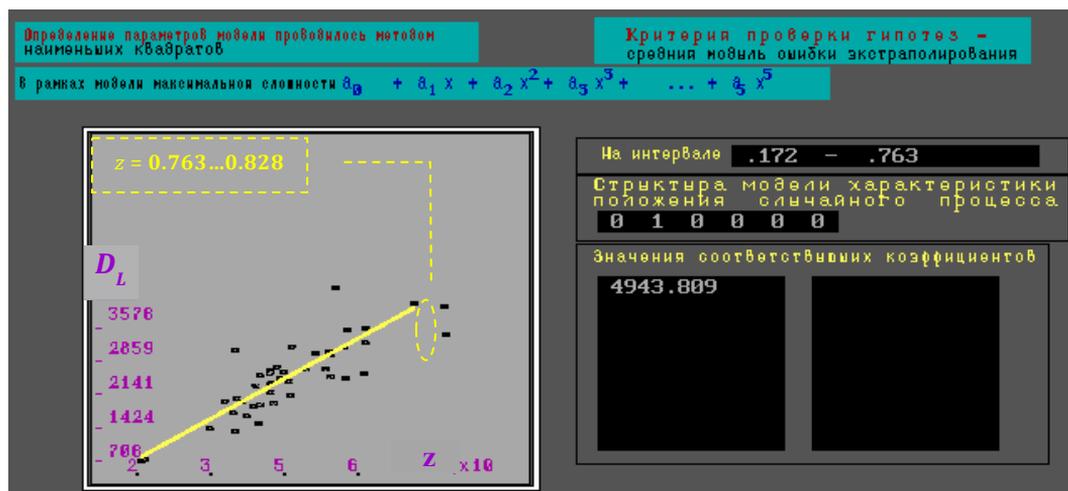


Рис. 4а. Программа «ММК-стат»:  $H_0 = (299792,458)/4943 = 60,63997578$  км·с<sup>-1</sup>·Мпк<sup>-1</sup>  
Разладка после SN 1997G ( $z = 0,763$ ;  $D_L = 3854$  Мпк)

Источник: составлено автором.

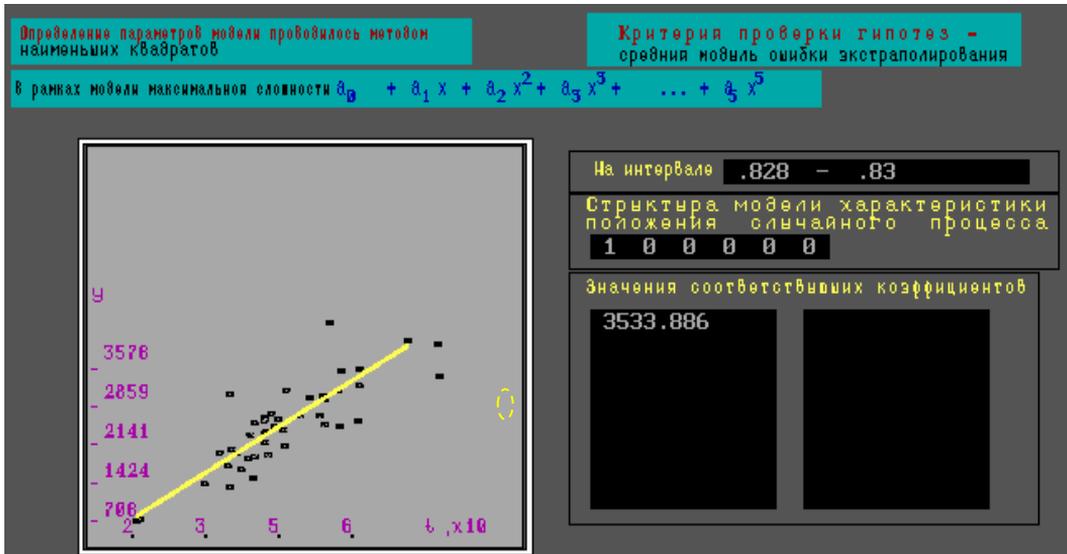


Рис. 46. Программа «ММК-стат»: разладка перед SN 1996cl ( $z = 0,828$ ;  $D_L = 3801$  Мпк)  
Источник: составлено автором.

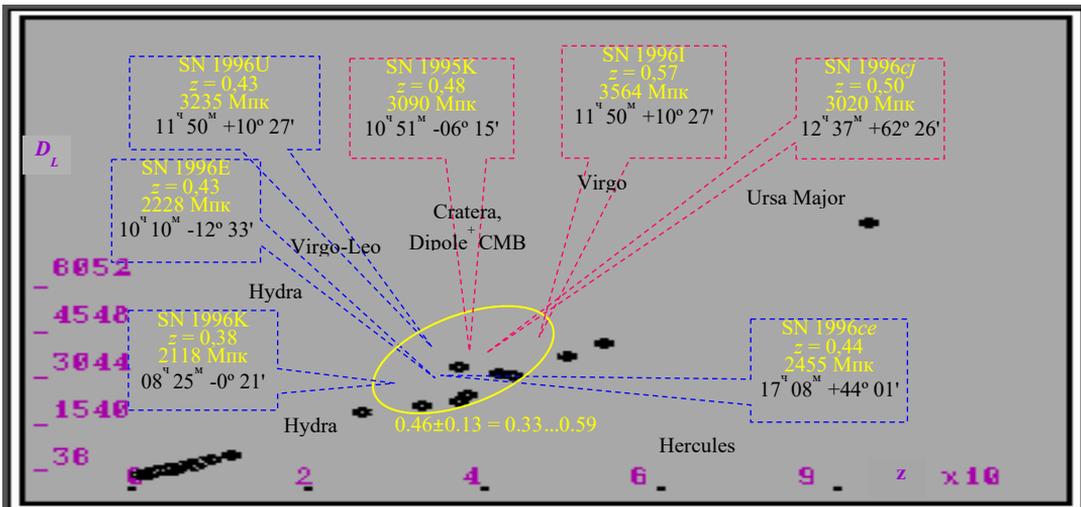


Рис. 5. Программа «ММК-стат»: разладка между SN 1995E ( $z = 0,43$ ) и SN 1996I ( $z = 0,57$ )  
Источник: составлено автором.

### Разладки – «космические толчки» или гравитационные диполи

Внимание на то, что крупнейший структурный элемент наблюдаемой части Вселенной, сверхскопление сверхскоплений галактик в районе Северного галактического полюса и система гигантских пустот у Южного галактического полюса на противоположных полушарах неба, образуют диполь неоднородности, было обращено в 2013 году [51]. Это произошло одновременно с появлением данных зонда Planck [26], подтвердивших асимметрию средних температур СМВ на противоположных полушарах неба и существование большого Холодного пятна» порядка 2 миллиардов световых лет в диаметре.

Детализация супердиполя крупномасштабной неоднородности Вселенной (в дальнейшем подобные образования получили название *гравитационных диполей*) при помощи разладок модели шкалы космологических расстояний  $D_L(z)$  с привязкой к гравитационным диполям дала результаты, представленные в табл. 5. Разладка оказалась и в «экстраординарных доказательствах» [20; 56] (табл. 6 и рис. 6),

$$D_L(z) = \begin{cases} 4138,4932z + 3706,3162z^2 - 740,00464z^4; & 0,216 \leq z \leq 1,390 \\ 6965,686275z; & 1,551 \leq z \leq 1,755 \end{cases},$$

причем разладка имеет место в обоих полях Хаббла с гравитационным диполем «Eridanus supervoid + Fornax void» → «Draco + Ursa Major» supercluster [58–59]:

$$D_{L-HDF}(z) = \begin{cases} 2007,844 + 4657,509z^2; & 0,460 \leq z \leq 1,340; \\ 6782,545; & 1,390 \leq z \leq 1,755 \end{cases};$$

$$D_{L-HUDF}(z) = \begin{cases} -1839,783 + 8979,296z; & 0,216 \leq z \leq 1,307 \\ 10787,25; & 1,370 \leq z \leq 1,551 \end{cases}.$$

Таблица 5. Разладки модели шкалы  $D_L(z)$  и гравитационные диполи

№	SNIa	$\alpha^{hms}/\delta^{o' ''}$	z	$D_L$ , Мпк	z [*]	Supervoid	$\alpha^{hms}/\delta^{o' ''}$	Supercluster	$\alpha^{hms}/\delta^{o' ''}$
1	1997G	04 58 30,23 -3 16 04,0	0,763	3854,783577	0,73 [15]	Eridanus	3 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> (-19° 35' 02") ±5°	Shapley	13 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> (-30° 0' 0") ± 7°
						«Perseus + Pisces» voids	1 <sup>h</sup> +10°	Perseus-Pisces super filament	1 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> ±36° 00'
	1994am	02 40 02,06 -1 37 14,9	0,372	1729,816359	0,37 [15]			Shapley attractor	13 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> -31° 29'
2	1996K	08 24 43,49 -0 21 06,2	0,38	2118,361135	0,33– 0,59 [13]				
	1996U	11 50 33,51 +10 26 45,4	0,43	3235,936569		Sculptor void	23 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> / -24° 39 <sup>m</sup> + 23,5 <sup>m</sup> / -35°	Ursa Major	11 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> ...12 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> ; 50°29'...58°37'
	1995K	10 50 46,95 -9 15 08,0	0,48	3090,295433		Aquarius	(23 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> , -12° 32') + (22 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> , -14° 46')	Virgo	12 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> ±15 <sup>m</sup> ; +12° 43'
	1996I	12 00 39,43 -0 16 02,4	0,57	3564,511334					
3	1997G	04 58 30,23 -3 16 04,0	0,763	3854,783577	0,4 0,83 [15]	Aquarius	20 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> ...23 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> -25° 30'...+2° 45'	Leo	11 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> ± 36 <sup>m</sup> ±28° 42'
	1996cl	10 56 59,13 -3 37 36,4	0,828	3801,893963		«Bootes + Sculptor» voids	14 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> / 46° (23 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> / -24° 39') + (23,5 <sup>m</sup> / -35°)	Perseus-Pisces	1 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> / +36°
	1997ap	13 47 09,90 +2 23 57,5	0,830	3265,878322					

Таблица 6. Разладки модели шкалы  $D_L(z)$  в полях Хаббла и гравитационный диполь

SNIa	$z$	$D_L$ , Мпк	Ориентация поля
HST04Yow	0,460	2793	HDF: $\alpha = 12^{\text{h}} 36^{\text{m}} 49,4^{\text{s}}; \delta = +62^{\circ} 12' 58''$ Draco supercluster + Ursa Major supercluster: $\alpha = 11^{\text{h}} 11^{\text{m}} \dots 12^{\text{h}} 11^{\text{m}}; \delta = 50^{\circ}29' \dots 58^{\circ}37'$ .
2003dy	1,340	9638	
HST04Sas	1,390	9550	
1997ff	1,755	11749	HUDF: $\alpha = 3^{\text{h}} 32^{\text{m}} 39,0^{\text{s}}; \delta = -27^{\circ} 47' 29,1''$ Eridanus supervoid + Fornax void: $\alpha = 01^{\text{h}} 45^{\text{m}} \dots 04^{\text{h}} 55^{\text{m}}; \delta = -39^{\circ} 40' \dots -1^{\circ} 30'$ .
2002kc	0,216	1164	
2003aj	1,307	9954	
HST04Mcg	1,370	11117	
2003ak	1,551	10328	

Итак, все четыре конкретных признака «расширения Вселенной», упомянутые в [13–15; 18–20; 56], оказались связанными с разладками модели шкалы фотометрических расстояний  $D_L(z)$ .

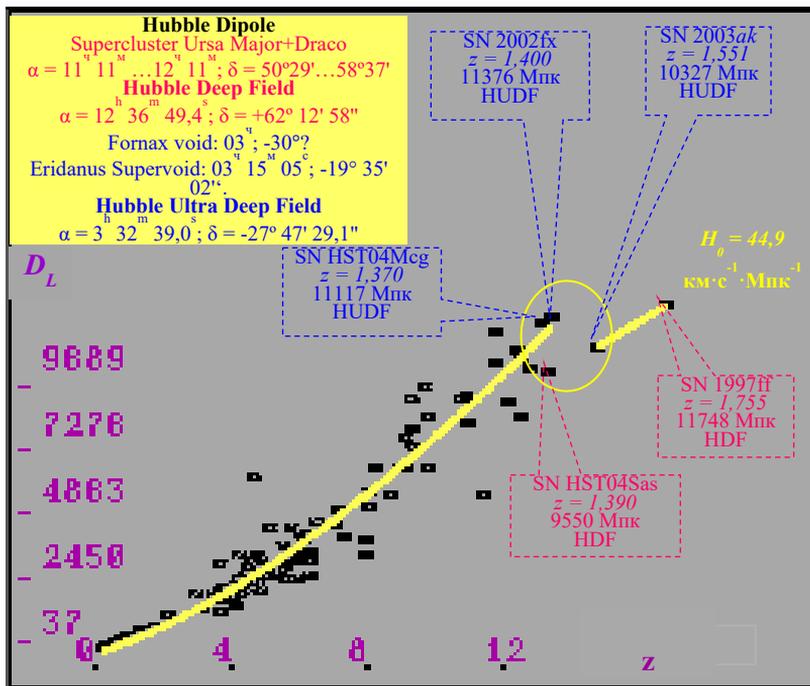


Рис. 6. Программа «ММК-стат»: диполь Хаббла, разладка (инверсия) между SN 2002fx ( $z = 1,400$ ;  $D_L = 11376$  Мпк) и SN 2003ak ( $z = 1,551$ ;  $D_L = 10327$  Мпк)

Источник: составлено автором.

В данных [15] были обнаружены еще две «неучтенные» разладки (см. табл. 4):

$$z = [0,079 \rightarrow 0,088] \text{ и } z = [0,125 \rightarrow 0,3].$$

Но они совпали с направлением на уже упомянутый Eridanus supervoid и минимум диполя анизотропии CMB Dipole<sup>-</sup> (табл. 7). Правда, в направлении Orphiuchus supercluster в созвездии Змееносца ( $\alpha = 17^{\text{h}} 10^{\text{m}}; \delta = -22^{\circ}$ ) был зафиксирован самый крупный из известных взрывов черной дыры [60].

Таблица 7. «Неучтенные» разладки модели шкалы  $D_L(z)$  и гравитационный диполь

$n$	SN Ia	$\alpha$ h m s	$\delta^\circ ' ''$	$z_n$	$D_{Ln}$ , Мпк	Supervoid	Supercluster
22	1992bp	3 37 51,02	-17 37 32,2	0,079	338,8441561	Eridanus supervoid 3 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> (-19° 35' 02") ±5°	Shapley supercluster 13 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> (-30° 0' 0") ± 7°
23	1992br	1 48 38,38	-56 30 47,7	0,088	438,5306978		
16	1996ab	15 22 46,24	27 20 4,6	0,125	633,8697113	Eridanus supervoid 3 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> (-19° 35' 02") ±5°	Corona Borealis supercluster (15 <sup>h</sup> ...16 <sup>h</sup> / 25°...35°)
31	1996J	10 6 42,77	-12 27 39	0,30	1887,991349	Eridanus supervoid 3 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> (-19° 35' 02") ±5°	«Hydra + Centaurus» supercluster (10 <sup>h</sup> ...14 <sup>h</sup> / -25°...-45°)

### Заключение

В январе 2017 году группа Б. Талли моделированием по данным базы Cosmicflows-2 поля расстояний и скоростей 8188 галактик показала: «...в локальном потоке доминирует один аттрактор, связанный с Shapley supercluster, и один ранее не идентифицированный отталкиватель. Предполагается, что этот дипольный отталкиватель связан с пустотой в распределении галактик» [61]. Его назвали Dipole Repeller. Он прямо противоположен Shapley attractor ( $\alpha = 13^h 28^m$ ,  $\delta = -31^\circ 29'$ ) и его центр должен находиться в точке ( $\alpha = 1^h 28^m$ ,  $\delta = +31^\circ 29'$ ), хотя ближайшая пустота – Perseus-Pisces void с центром ( $\alpha = 1^h$ ,  $\delta = +10^\circ$ ).

В августе 2017 году группа Б. Талли уточнила зону притяжения как продолжение Shapley supercluster и указала две зоны отталкивания: один дипольный отпугиватель вблизи CMB Dipole<sup>-</sup> ( $\alpha = 23^h 09^m 14^s$ ,  $\delta = +6^\circ 40' 20,4''$ ) в созвездии Рыб, а другой – в ближайшем направлении к Cold Spot CMB [62]. Cold Spot Repeller находится приблизительно в области отрицательной скорости Pisces-Cetus ( $\alpha = 1^h 44^m$ ,  $\delta = -13^\circ 20'$ ). Группа считает, что «это в направлении на CMB Cold Spot ( $\alpha = 3^h 10^m 56,82^s$ ;  $\delta = -20^\circ 37' 24,7''$ ). Отпугиватель в направлении Cold spot CMB является доминирующей функцией отрицательной плотности по данным Cosmicflows-3. Отклонение в направлении между зоной отпугивателя и Cold spot на  $22^\circ$  находится в пределах погрешности наших измерений» [62]. Но «рядом» находятся сразу две пустоты – «Pisces-Cetus» void ( $\alpha = 0^h...2^h$ ,  $\delta = +5^\circ...+15^\circ$ ) и Aquarius supervoid ( $\alpha = 20^h 32^m...23^h 50^m$ ,  $\delta = -25^\circ 30'...+2^\circ 45'$ ).

Важными результатами группы Б. Талли являются установление связи Shapley Attractor с CMB Dipole<sup>-</sup> и уточнение положения Dipole Repeller в созвездии Андромеды (хотя ближайшая пустота Pegasus void в  $33^\circ$ ) с указанием второго отпугивателя Cold Spot Repeller – Eridanus supervoid. Это согласуется с данными [48–51]. Следует учитывать, что хотя база Cosmicflows-3 [62] содержит данные о поле расстояний и скоростей 17 669 галактик, но ее основой является корреляция между вращением галактик и их светимостью (эмпирическое соотношение Талли–Фишера). Поэтому полученные результаты при сопоставлении с данными о разладках необходимо рассматривать как

решение одной и той же задачи методом косвенного измерения и методом калибровки.



**Рис. 7. Схема расположения гравитационных диполей на карте экваториальных созвездий**

Источник: составлено автором.

Главным же результатом описанных исследований является возможность альтернативного «космологическому расширению Вселенной» объяснения роли сверхновых типа SNIa в интерпретации данных астрофизических измерений. Общая же схема расположения гравитационных диполей (рис. 7) показывает, что эффект гравитационных диполей крупномасштабной неоднородности не является редкостью [63].

## Литература

1. Лебег А. Об измерении величин / пер. с фр. О. И. Кисловской-Карской; под ред. и с предисловием А. Н. Колмогорова. Москва : Госучпедгиз, 1938.
2. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Изд. второе, испр. и доп. Москва : Физматгиз, 1962.
3. Левин С. Ф. Статистический анализ систем обеспечения эксплуатации технических объектов // Вопросы кибернетики, ВК-94. Москва : АН СССР, Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», 1982. С. 105–122.
4. Левин С. Ф. Основы теории контроля. Москва : МО СССР, 1983.
5. Левин С. Ф., Блинов А. П. Научно-методическое обеспечение гарантированности решения метрологических задач вероятностно-статистическими методами // Измерительная техника. 1988. № 12. С. 5–8.
6. Левин С. Ф., Лисенков А. Н., Сенько О. В., Харатьян Е. И. Система метрологического сопровождения статических измерительных задач «ММК-стат М» : руководство пользователя. Москва : Госстандарт России, ВЦ РАН, 1998.
7. Ширяев А. Н. Обнаружение спонтанно возникающих эффектов // ДАН СССР. 1961. Т. 138, № 4. С. 799–801.
8. Ленг К. Астрофизические формулы : руководство для физиков и астрофизиков. Ч. 1. Москва : Мир, 1978.
9. Левин С. Ф. Метрологическая аттестация математических моделей в измерительных задачах гравитации и космологии // Теоретические и экспериментальные проблемы ОТО и гравитации : тезисы докладов X РГО. Москва : РГО, 1999. С. 245.
10. Wilkinson D. T., Partridge R. B. Large-scale density non-homogeneities in the Universe // Nature. 1967. Vol. 215. P. 719.
11. Carroll S., Press W., Turner E. The Cosmological Constant // Annual Review of Astronomy & Astrophysics. 1992. Vol. 30. P. 499–542.

12. *Zehavi I., Riess A. G., Kirshner R. P., Dekel A.* A Local Hubble Bubble from Type Ia Supernovae // *Astrophysical Journal*. 1998. Vol. 503 (2). 483. <https://doi.org/10.1086/306015>.
13. *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.
14. *Schmidt B. P. et al.* High-Z Supernova Search: Measuring Cosmic Deceleration and Global Curvature of the Universe Using Type Ia Supernovae // *Astrophysics Journal*. 1998. Vol. 507. P. 46-63.
15. *Perlmutter S. et al.* Measurements of  $\Omega$  and  $\Lambda$  from 42 high-red shift supernovae // *Astrophysical Journal*. 1999. Vol. 517. P. 565–586.
16. *Tonry J. L., Schmidt B. P., Riess A. G. et al.* Cosmological Results from High-z Supernovae // *Astrophysical Journal*. 2003. Vol. 594. P. 1–24.
17. *Heckmann O.-H. L.* Theorien der Kosmologie. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1942.
18. *Pucc A.* Дж. Нобелевская лекция. Стокгольм. 08.12.2011 г. // *Успехи физических наук*. Т. 183, № 10. С. 1090–1098.
19. *Перлмуттер С.* Нобелевская лекция. Стокгольм. 08.12.2011 г. // *Успехи физических наук*. 2013. Т. 183, № 10. С. 1060–1077.
20. *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.
21. *Visser M.* Jerk, snap, and the cosmological equation of state. arXiv:grqc/ 0309109v4 31 Mar 2004.
22. *Хопкинс Дж.* Толковый словарь английских терминов по астрономии и астрофизике / пер. с англ. А. И. Халлиулиной ; под ред. Д. Я. Мартынова. Москва : Мир, 1980.
23. *Keenan R. C., Barger A. J., Cowie L. L.* Evidence for a  $\sim 300$  Mpc Scale Underdensity in the Local Galaxy Distribution // *Astrophysical Journal*. 2013. Vol. 775. arXiv: 1304.2884v5 [astro-ph.CO] 6 Aug 2013. doi:10.1088/0004-637X/ 775/1/62.
24. *Riess A. G. et al.* A 2.4 % Determination of the Local Value of the Hubble Constant // Preprint *Astrophysical Journal*. arXiv:1604.01424v3 [astro-ph.CO] 9 Jun 2016.
25. *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 // *Astrophysical Journal*. 2016. Vol. 832, no. 2. P. 210. <https://doi.org/10.3847/0004-637X/832/2/210>; arXiv:1604.01788v3[astro-ph.CO] 11 Nov 2016. 22 p.
26. *Aghanaim N. et al.* (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*. arXiv:1605. 02985v2 [astro-ph.CO] 26 May 2016.
27. *Freedman W. L.* Cosmology at a Crossroads: Tension with the Hubble Constant // *Nature Astronomy*. 2017. Vol. 1. Article no. 0169. <https://doi.org/10.1038/s41550-017-0121>.
28. *Larson D. et al.* 7 year WMAP observations: power spectra and WMAP-derived parameters // Preprint WMAP. 26.01.2010. URL: [http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/map/dr4/pub\\_papers/sevenyear/powspectra/wmap\\_7yr\\_power\\_spectra.pdf](http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/map/dr4/pub_papers/sevenyear/powspectra/wmap_7yr_power_spectra.pdf). [*Astrophysical Journal Supplement Series*. 2011 February. N 192. P. 16 (19 pp.)].
29. *Фёрстер Э., Ренц Б.* Методы корреляционного и регрессионного анализа. Москва : Финансы и статистика, 1983.
30. *Dunkley J. et al.* 5-year WMAP observation: Likelihoods and Parameters from the WMAP data // *Astrophysical Journal Supplements*. 2009. No. 180. P. 306.
31. *Komatsu E. et al.* Seven-year WMAP observations: Cosmological interpretation // *Astrophysical Journal Supplements*. 16.02.2010. 2011. No. 192. P. 18 (pp. 57). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1001.4538>.

32. Левин С. Ф. Шкала космологических расстояний. Часть 5 : Метрологическая экспертиза по сверхновым типа SN Ia // Измерительная техника. 2016. № 8. С. 3–10. [Levin S. F. Cosmological distances scale. Part 5. Metrological Expert Opinion on Type SN Ia Supernovae // Measurement Techniques. 2016. Vol. 59, no. 8. P. 791–802.].
33. Левин С. Ф. Оптимальная интерполяционная фильтрация статистических характеристик случайных функций в детерминированной версии метода Монте-Карло и закон красного смещения. Москва : АН СССР, Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», 1980. 56 с.
34. Nielsen J. T., Guffanti A., Sarkar S. Marginal evidence for cosmic acceleration from Type Ia supernovae // Scientific Reports. 2016. arXiv:1506.01354v3.
35. Левин С. Ф. Шкала космологических расстояний. Часть 6. Статистическая анизотропия красного смещения // Измерительная техника. 2017. № 5. С. 3–6. [Levin S. F. Cosmological distances scale. Part 6. Statistical anisotropy of red shift // Measurement Techniques. 2017. Vol. 60, no. 5. P. 411–417].
36. Левин С. Ф. Шкала космологических расстояний. Часть 7. Новый казус с постоянной Хаббла и анизотропные модели // Измерительная техника. 2018. № 11. С. 15–21. [Levin S. F. Cosmological Distance Scale. Part 7. A New Special Case with the Hubble Constant and Anisotropic Models // Measurement Techniques. 2018. Vol. 61, no. 11. P. 1057–1065].
37. Migkas K. et al. Probing cosmic isotropy with a new X-ray galaxy cluster sample through the  $L_X - T$  scaling relation // Astronomy & Astrophysics manuscript 2020-04-08 / arXiv:2004.03305v1 [astro-ph.CO]. 7 Apr 2020.
38. 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.
39. Фок В. А. Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание : сб. Москва : Мысль, 1969. С. 200.
40. Wilkinson D. T., Partridge R. B. Large-scale density non-homogeneities in the Universe // Nature. 1967. Vol. 215. P. 719.
41. Smoot G. F., Gorenstein M. V., Muller R. A. Detection of anisotropy in the cosmic blackbody radiation // Physical Review Letters. 1977. Vol. 39. P. 898.
42. Gorenstein M. V., Smoot G. F. Large-angular-scale anisotropy in the cosmic background radiation // Astrophysical Journal. 1981. Vol. 244. P. 361.
43. Aaronson M., Huchra J., Mould J., Schechter P. L., Tully R. B. The velocity field in the local supercluster // Astrophysical Journal. 1982. Vol. 258. P. 64.
44. Lubin P. et al. A map of the cosmic background radiation at 3 millimeters // Astrophysical Journal Letters. 1985. Vol. 298. L1-L5, 1985.
45. 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.
46. McClure M. L., Dyer C. C. Anisotropy in the Hubble Constant as Observed in the HST Extragalactic Distance Scale Key Project Results // New Astronomy. 2007. Vol. 12. P. 533–543.
47. Levin S. F. On spatial anisotropy of red shift in spectrums of ungalaxy sources // Physical Interpretations of relativity Theory // Proc. of XV International Scientific Meeting PIRT–2009. Moscow, 6–9 July, 2009. Moscow : BMSTU, 2009. P. 234–240.
48. Левин С. Ф. Измерительная задача идентификации анизотропии красного смещения // Метрология. 2010. № 5. С. 3–21.
49. Levin S. F. Identification of red shift anisotropy on the basis of the exact decision of Mattig equation // The VI International Meeting «Finsler Extensions of Relativity Theory»: Moscow – Fryazino, Russia, 1–7 November 2010 (Abstracts of reports). Moscow : BMSTU – RIHSGP, 2010. P. 2.

50. *Левин С. Ф.* Измерительные задачи статистической идентификации шкалы космологических расстояний // Измерительная техника. 2011. № 12. С. 17–22. [*Levin S. F.* Measurement problems in the statistical identification of the scale of cosmological distances // Measurement Techniques. 2011. Vol. 54, no. 12. P. 1334–1341].
51. *Levin S. F.* Photometric scale of cosmological distances: Anisotropy and nonlinearity, isotropy and zero-point // Physical Interpretation of Relativity Theory: Proceedings of International Meeting PIRT–2013: Moscow, 1–4 July 2013 / ed. by M. C. Duffy et al. Moscow : BMSTU, 2013. P. 210–219.
52. *Макаров Д. И.* Движения галактик на больших и малых масштабах : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Н. Архыз : CAO РАН, 2000. 119 с.
53. *Левин С. Ф.* Фотометрическая шкала космологических расстояний. Ч. II. «Неожиданные» совпадения // Измерительная техника. 2014. № 4. С. 3–7.
54. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Часть 18 : Красно-фиолетовый диполь и анизотропия красного смещения // Измерительная техника. 2024. № 5. С. 4–8. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2024-5-4-8>.
55. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Часть 9. Параметр замедления // Измерительная техника. 2019. № 10. С. 8–14 [*Levin S. F.* Cosmological Distance Scale. Part 9. Deceleration Parameter // Measurement Techniques. 2019. Vol. 62. № 10. P. 855–862].
56. *Riess A. G. et al.* New Hubble Space Telescope discoveries of type Ia supernovae at  $z \geq 1$ : Narrowing Constraints of the Early Behavior of Dark Energy // Astrophysical Journal. 2007. Vol. 659. P. 98–121.
57. *Пружинская М. В.* Сверхновые звезды, гамма-всплески и ускоренное расширение Вселенной : дис. ... канд. физ.-мат. наук. Москва : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. 149 с.
58. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Часть 14 : «Пузырь Хаббла» и гравитационный диполь // Измерительная техника. 2023. № 2. С. 4–11.
59. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Часть 16 : диполь Хаббла // Измерительная техника. 2023. № 6. С. 4–12.
60. *Giaccintucci S. et al.* Discovery of a giant radio fossil in the Ophiuchus galaxy cluster // Astrophysical Journal. 2020. Vol. 891 (1): arXiv:2002.01291v1[astro-ph.GA] 4 Feb 2020.
61. *Hoffman Y., Pomarède D., Tully R. B., Courtois H.* The Dipole Repeller // Nature Astronomy. 2017. Vol. 1. Art. 36. arXiv:1702.02483v1[astro-h.CO] 8 Feb 2017.
62. *Courtois H. M., Tully R. B., Racah Y. H., Pomarède D., Graziani R., Dupuy A.* Cosmicflows-3: Cold Spot Repeller? // Astrophysical journal. Vol. 847, no. 1. P. 55. arXiv:1708.07547v1 [astro-ph.CO] 24 Aug 2017.
63. *Левин С. Ф.* Шкала космологических расстояний. Часть 15 : космический толчок и гравитационный диполь неоднородности // Измерительная техника. 2023. № 3. С. 10–15. [*Levin S. F.* The Cosmological distances scale. Part 15. Cosmic Jerk and gravitational dipole inhomogeneity // Measurement Techniques. 2023. Vol. 66, no. 3. P. 149–154. DOI 10.1007/s11018-023-02203-y].

**“ACCELERATION OF THE EXPANSION OF THE UNIVERSE”  
AND SNIa-TYPE SUPERNOVAE  
IN THE THEORY OF MEASUREMENT PROBLEMS**

**S.F. Levin**

*Bauman Moscow State Technical University  
4 bldg, 5 2nd Baumanskaya St, Moscow, 105005, Russian Federation*

**Abstract.** A brief description of the theory of measurement problems as physical and mathematical problems for the solution of which the initial data are obtained by measurements is given. The results of applying this theory to the analysis of data on the redshift of SNIa supernovae in the format of the cosmological distance scale model used as evidence of the “acceleration of the expansion of the Universe” using the programs “MMK-stat” are considered. An alternative interpretation of these data can be the action of gravitational dipoles of large-scale inhomogeneity of the Universe.

**Keywords:** redshift, anisotropy, discord, inversion, gravitational dipole, supercluster of galaxies, giant void