

Утомлённый Свет и Наблюдения Сверхновых Типа Ia

Герман Александрович Голушко
Ричмонд Хилл, Онтарио, Канада, holushko@yahoo.com
Январь 2012

Аннотация

Явление, известное как “растяжение сверхновых во времени” (supernova timescale stretching), было обнаружено измерением уширения кривых наблюдаемого блеска, а также измерением скорости изменения спектра сверхновых звёзд типа Ia. В современной космологии считается, что это явление свидетельствует об ускоренном расширении Вселенной и исключает гипотезу “утомлённого света”. Уточнённая гипотеза “утомлённого света”, представленная в данной работе, не только не противоречит явлению растяжения взрывов сверхновых во времени, но и объясняет его без привлечения понятия расширения Вселенной. Используя шаблон изменения спектра близких сверхновых типа Ia, я разработал компьютерную модель распространения света от сверхновой к наблюдателю, основанную на положениях уточнённой модели “утомлённого света”. Результаты моделирования для диапазонов UBVRIYJK “в состоянии покоя” (at rest) не противоречат астрономическим наблюдениям, относящимся к уширению кривых наблюдаемого блеска и скорости изменения спектра. Сравнительный анализ показывает преимущества модели “утомлённого света” над моделью ускоренного расширения Вселенной.

1. Введение

В 2001 году группа космологов проекта Supernova Cosmology Project под руководством Герсона Голдхабера (Gerson Goldhaber) опубликовала работу “Параметризация уширения кривых блеска во времени в синем диапазоне у сверхновых типа Ia” [1]. Анализируя взрывы сверхновых типа Ia, они обнаружили зависимость ширины кривых блеска в синем диапазоне от красного смещения сверхновых. Они нашли, что ширина кривой блеска в среднем пропорциональна фактору $(1+Z)$, где Z – красное смещение. В своей работе они сделали вывод о том, что эта зависимость “даёт независимое свидетельство для объяснения красного смещения космологическим расширением”. Подобный вывод основан на предположении, что сверхновые удаляются от нас так быстро, что свет, испущенный в конце взрыва, проходит гораздо более длинный путь, чем свет, испущенный в начале взрыва. В результате наблюдаемое время взрыва увеличивается и кривая блеска уширяется. Важной частью работы Голдхабера и др. является доказательство универсальности растяжения взрыва. Авторы работы исключают теории “утомлённого света”, так как они “не приводят к замедлению кривых блеска”.

В 2008 году группа космологов под руководством Стефана Блондина (Stéphane Blondin) предложила другой подход для измерения растяжения взрывов сверхновых. В своей работе “Замедление времени в спектрах сверхновых типа Ia в высоком красном смещении” [2] они предложили измерять растяжение по скорости изменения спектра. Они обнаружили, что спектры сверхновых с низким красным смещением изменяются очень единообразно.

Сравнивая скорость изменения спектра для сверхновых с низкими и высокими красными смещениями, они нашли, что скорость изменения спектра пропорциональна фактору $1/(1+Z)$, что согласуется с результатами группы Голдхабера и свидетельствует в пользу “гомогенного и

изотропного расширения Вселенной”. Блондин и др. также исключают гипотезу “утомлённого света”, так как “*эта гипотеза не предсказывает эффект замедления времени*”.

В своей работе я показываю, что гипотеза “утомлённого света” не противоречит астрономическим наблюдениям, относящимся к уширению кривых блеска и изменению спектра сверхновых типа Ia. Более того, эти наблюдения объясняются в рамках уточнённой гипотезы “утомлённого света”.

2. Уточнённая гипотеза “утомлённого света”

Понятие “утомлённого света” объединяет класс теорий, которые объясняют красное смещение потерей фотоном части энергии. Эти теории различаются механизмом потери энергии. Предложенные механизмы включают следующие: эффект Комптона, “гравитационное волочение” (gravitational dragging) (Цвики) [3], “некий неизвестный эффект” (Хаббл и Толман) [4], пересечение поля радиации (Финлэй-Фреундлик) [5], криволинейное давление (Кроуфорд) [6].

Карим Хайдаров предложил механизм красного смещения, основанный на классической идее межзвёздного пространства, повсеместно наполненного средой – эфиром, который является носителем электромагнитных волн. В этой среде электромагнитные волны подвержены “*постоянному затуханию подобно волнам в обычных изотропных физических средах: твердых, жидких, газообразных.*” [7]. В своей работе Хайдаров объясняет зависимость магнитуд блеска сверхновых от красного смещения, представленную Перлмуттером (Perlmutter) и др. [8], с позиций эфирной физики.

Хайдаров утверждает, что энергия, которая теряется светом, расходуется на нагревание эфира [9]. Температура эфира в межзвёздном пространстве известна как температура космического микроволнового фона и равна 2.723 K^0 . Эфир – это физическая среда, имеющая такие свойства как давление, плотность, температура, упругость, вязкость. Свойства эфира обуславливают скорость электромагнитных волн. Эти физические свойства непостоянны, они могут изменяться, поэтому скорость распространения света в вакууме также непостоянна. Было бы странно предположить, что физические волны, проходящие одинаковый путь за миллиарды лет, будут иметь одинаковое время путешествия, секунда в секунду. Время путешествия фотонов, прошедших одинаковый путь от источника к приёмнику будет различной. Исходя из центральной предельной теоремы можно предположить, что время путешествия фотонов имеет нормальное (Гауссово) распределение. Предположение о нормальном распределении времени путешествия фотонов было сделано Александром Чепиком [10][11]. Чем длиннее путь, тем выше среднее квадратическое отклонение времени путешествия. Чем выше среднее квадратическое отклонение, тем больше наблюдаемая длительность взрыва.

3. Компьютерное моделирование распространения света

В своём исследовании я выражаю среднее квадратическое отклонение времени путешествия в днях и предполагаю, что нулевое красное смещение соответствует нулевому среднее квадратическому отклонению. Внутренний фактор растяжения взрыва s не принимается во внимание и предполагается равным 1. Другое предположение заключается в том, что среднее квадратическое отклонение одинаково для всех длин волн, хотя возможно, что в действительности оно зависит от длины волны. Последнее является предметом будущих исследований.

Чтобы проверить гипотезу “утомлённого света”, я разработал компьютерную программу, которая моделирует распространение фотонов света от сверхновой к наблюдателю. Моделирование

выполняется в двух режимах: “утомлённого света” и “стандартной космологии”. Программа разработана на языке программирования C# и доступна для свободного скачивания вместе с исходным кодом [12]. Входными данными для программы является шаблон изменения спектра сверхновых типа Ia с нулевым красным смещением, который составлен и поддерживается Эриком Хсяо (Eric Hsiao) [13][14]. Этот шаблон составлен на основе более чем 1000 измерений спектра и содержит данные для каждого дня взрыва в диапазоне от -20 до 85 дня. (День 0 определяется как день, в котором плотность потока излучения в синем диапазоне спектра максимальна.) Данные для каждого дня содержат характеристики спектральной плотности излучения в диапазоне длин волн 1000..25000Å с интервалом 10Å. Другая часть входных данных – кривые пропускания фильтров для диапазонов UBVRİYЖК. Для диапазонов UBVRİ я использую характеристики пропускания фильтров Джонсона-Бесселя (Johnson-Bessel), используемых в проекте MONET [15]. Для диапазонов YЖК используются характеристики пропускания фильтров телескопа LBT Международной Обсерватории Маунт Грэхэм (Mount Graham International Observatory) [16].

Эмиссия фотонов происходит с интервалом 0.01 дня. Во время каждой эмиссии количество фотонов для каждого интервала спектра рассчитывается по формуле (1).

$$N_{\lambda}(t) = k \cdot F_{\lambda}(t) \cdot \lambda \quad (1)$$

$F_{\lambda}(t)$ - спектральная плотность излучения для определённой длины волны и момента времени в системе отсчёта сверхновой. Она рассчитывается на основе шаблона спектров методом линейной аппроксимации.

λ - длина волны

t - момент времени в системе отсчёта сверхновой; в начальный момент взрыва $t = 0$

k - произвольный коэффициент

Количество фотонов – условная величина. Коэффициент k выбирается таким образом, чтобы количество фотонов было достаточно большим для обеспечения статистического качества результатов, и достаточно малым, чтобы обеспечить приемлимое время выполнения программы.

Энергия, приходящаяся на каждый фотон во время эмиссии, рассчитывается по формуле (2).

$$e_{\lambda}(t) = \frac{F_{\lambda}(t) \cdot 1s \cdot 10\text{Å} \cdot 1\text{m}^2}{N_{\lambda}(t)} \quad (2)$$

Величина $e_{\lambda}(t)$ также является условной. Она нужна лишь для того, чтобы воссоздать наблюдаемый спектр. Для каждого испущенного фотона программа рассчитывает момент прибытия t' в системе отсчёта наблюдателя. Для режима “стандартной космологии” момент прибытия рассчитывается по формуле (3).

$$t' = t \cdot (1 + Z) + T_0 \quad (3)$$

Z - красное смещение

T_0 - время путешествия фотонов, испущенных в начальный момент взрыва

Для режима “утомлённого света” момент прибытия определяется следующим образом.

$$t' = t + Gauss(T, \sigma) \quad (4)$$

Gauss - генератор случайных чисел с нормальным распределением

T - математическое ожидание времени путешествия фотонов

σ - среднеквадратическое отклонение времени путешествия фотонов, задаётся как входной параметр

Величины T_0 и T выбираются произвольно. Единственное условие – они должны заведомо превышать наблюдаемую длительность взрыва. В системе наблюдателя для каждого фотона значения длины волны, энергии и времени прибытия известны. Это даёт возможность воссоздать спектры наблюдаемого света в динамике как с красным смещением так и без него. Характеристики несмещённых (то есть без учёта красного смещения) спектров определяются по формуле (5). Здесь и далее я использую понятие “несмещённый” вместо принятого в космологии понятия “в покое” (at rest), так как в модели “утомлённого света” и сверхновая и наблюдатель находятся в состоянии покоя (в космологических масштабах).

$$F_{\lambda}(t') = \frac{\sum e_{\lambda}(t')}{1s \cdot 10\text{\AA} \cdot 1\text{m}^2} \quad (5)$$

$F_{\lambda}(t')$ - наблюдаемый спектральный поток излучения в момент времени t' в системе наблюдателя.

Несмещённая кривая блеска в терминах плотности потока излучения определяется следующим образом.

$$F(t') = \sum_{\lambda} [F_{\lambda}(t') \cdot r_{\lambda} \cdot 10\text{\AA}] \quad (6)$$

r_{λ} - коэффициент пропускания фильтра для заданной длины волны

Несмещённая кривая блеска в терминах магнитуды определяется следующим образом.

$$m(t') = -2.5 \cdot \text{Log}_{10} \left(\frac{F_{B\text{max}}}{F(t')} \right) \quad (7)$$

$F_{B\text{max}}$ - максимальная плотность потока излучения в синем диапазоне спектра

Выходные данные моделирования включают наблюдаемые спектральные характеристики, кривые блеска в терминах плотности потока и магнитуды для каждого дня взрыва с учётом и без учёта красного смещения.

4. Уширение кривых блеска в диапазонах UBVR

То факт, что спектральный шаблон Эрика Хсяо заканчивается 85-м днём после максимума в синем диапазоне, накладывает определённые ограничения на результаты моделирования. Проблема заключается в том, что фотоны испущенные после 85-го дня в системе сверхновой, но чьё время путешествия меньше среднего, не учитываются в результатах. Для того чтобы отсечь некорректные результаты, я использую правило “трёх сигма”. Например, если среднеквадратическое отклонение времени путешествия $\sigma = 10$ дней, тогда результаты после 55-го дня должны быть отброшены. Несмещённые кривые блеска в терминах магнитуды для диапазонов UBVR представлены на

Рисунке 1. Для лучшей читаемости они показаны с некоторым произвольным смещением по вертикальной оси.

Фактор уширения w определяется как отношение ширин кривых блеска с ненулевым и нулевым среднеквадратическим отклонением. Измерения ширин проводились для восходящих и нисходящих частей кривой, а также для полной кривой на разных уровнях смещения магнитуды (Δm) относительно максимума. Обобщённые результаты измерений приведены в Таблице 1.

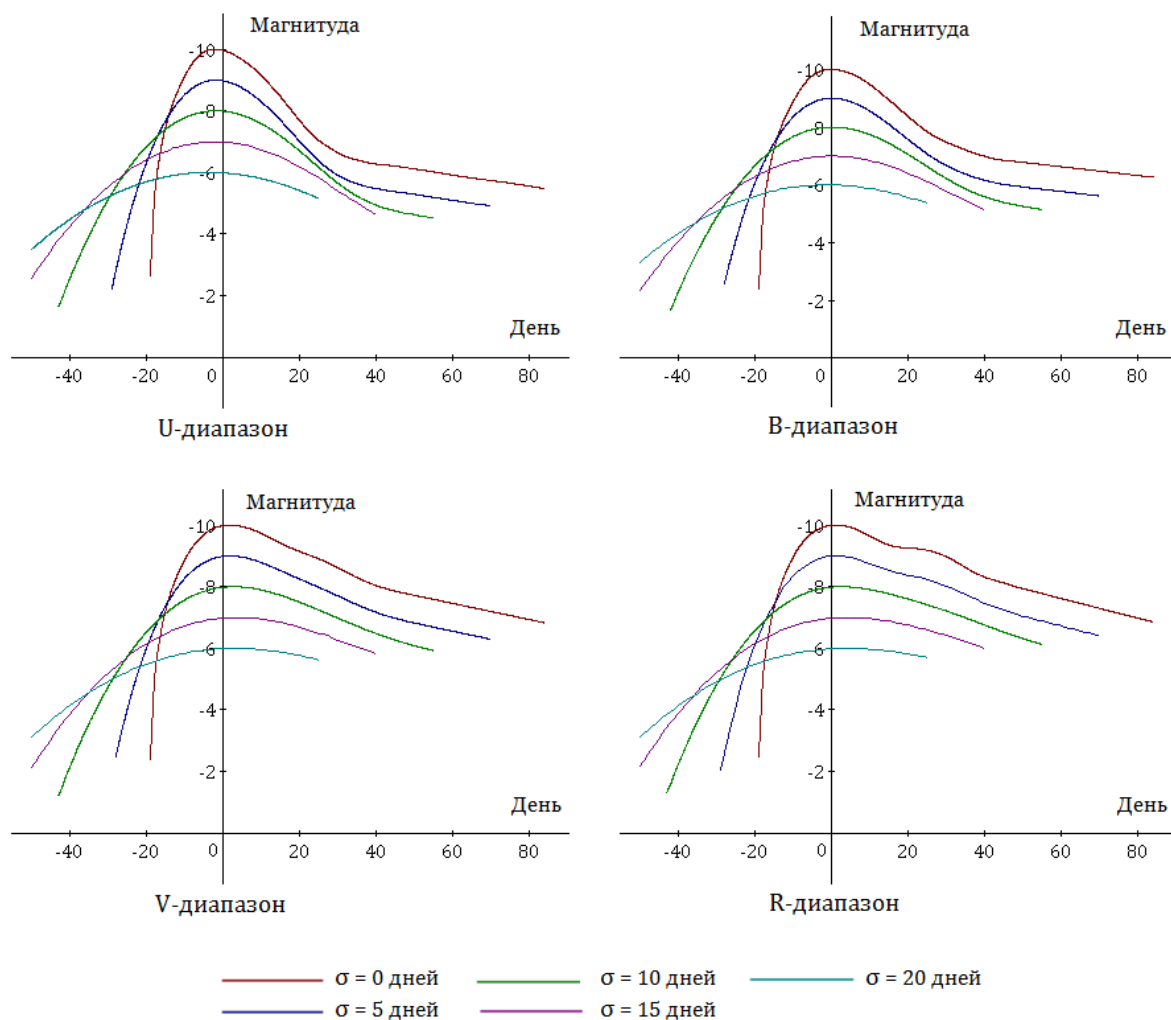


Рисунок 1

Кривые блеска в терминах магнитуды для диапазонов UBVR

Таблица 1 – Измерения уширения кривых блеска в несмещённых диапазонах UBVR

| Часть кривой | Δm | U | | B | | V | | R | |
|-------------------|------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| | | Ширина | w | Ширина | w | Ширина | w | Ширина | w |
| $\sigma = 0$ дней | | | | | | | | | |
| Восход. | 0.5 | 7.2 | 1 | 7 | 1 | 8.5 | 1 | 8 | 1 |
| Восход. | 1 | 9.5 | 1 | 9.5 | 1 | 11.5 | 1 | 10.8 | 1 |
| Восход. | 2 | 12.8 | 1 | 13.1 | 1 | 15 | 1 | 14.4 | 1 |
| Восход. | 3 | 14.9 | 1 | 15.4 | 1 | 17.4 | 1 | 16.7 | 1 |
| Нисход. | 0.5 | 7.6 | 1 | 9.6 | 1 | 11.5 | 1 | 11.3 | 1 |

| | | | | | | | | | |
|-------------|-----|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Нисход. | 1 | 12 | 1 | 14.4 | 1 | 21 | 1 | 28.5 | 1 |
| Нисход. | 2 | 18.8 | 1 | 23.2 | 1 | 38.5 | 1 | 47 | 1 |
| Нисход. | 3 | 26.2 | 1 | 39.8 | 1 | 75.5 | 1 | 78.4 | 1 |
| Полная | 0.5 | 14.8 | 1 | 16.6 | 1 | 20 | 1 | 19.3 | 1 |
| Полная | 1 | 21.5 | 1 | 23.9 | 1 | 32.5 | 1 | 39.3 | 1 |
| Полная | 2 | 31.6 | 1 | 36.3 | 1 | 53.5 | 1 | 61.4 | 1 |
| Полная | 3 | 41.1 | 1 | 55.2 | 1 | 92.9 | 1 | 95.1 | 1 |
| σ = 5 дней | | | | | | | | | |
| Восход. | 0.5 | 8.3 | 1.15 | 9.0 | 1.29 | 10.1 | 1.19 | 9.6 | 1.20 |
| Восход. | 1 | 11.4 | 1.20 | 12.4 | 1.31 | 13.8 | 1.20 | 13.1 | 1.21 |
| Восход. | 2 | 15.8 | 1.23 | 16.9 | 1.29 | 18.6 | 1.24 | 19 | 1.32 |
| Восход. | 3 | 18.9 | 1.27 | 20.2 | 1.31 | 22.0 | 1.26 | 21.4 | 1.28 |
| Нисход. | 0.5 | 9.9 | 1.30 | 10.6 | 1.10 | 13.4 | 1.17 | 14.9 | 1.32 |
| Нисход. | 1 | 14.4 | 1.20 | 15.8 | 1.10 | 22.6 | 1.08 | 29.2 | 1.02 |
| Нисход. | 2 | 21.9 | 1.16 | 25.6 | 1.10 | 42.2 | 1.10 | 50.6 | 1.08 |
| Нисход. | 3 | 30.7 | 1.17 | 46.0 | 1.16 | - | - | - | - |
| Полная | 0.5 | 18.2 | 1.23 | 19.6 | 1.18 | 23.5 | 1.18 | 24.5 | 1.27 |
| Полная | 1 | 25.8 | 1.20 | 28.2 | 1.18 | 36.4 | 1.12 | 42.3 | 1.08 |
| Полная | 2 | 37.7 | 1.19 | 42.5 | 1.17 | 60.8 | 1.14 | 69.6 | 1.13 |
| Полная | 3 | 49.6 | 1.21 | 66.2 | 1.20 | - | - | - | - |
| σ = 10 дней | | | | | | | | | |
| Восход. | 0.5 | 12 | 1.67 | 12.7 | 1.81 | 14 | 1.65 | 14.3 | 1.79 |
| Восход. | 1 | 16.7 | 1.76 | 17.4 | 1.83 | 19.3 | 1.68 | 19.8 | 1.83 |
| Восход. | 2 | 23.4 | 1.83 | 24.4 | 1.86 | 28.5 | 1.90 | 26.8 | 1.86 |
| Восход. | 3 | 28.6 | 1.92 | 29.6 | 1.92 | 31.8 | 1.83 | 32.2 | 1.93 |
| Нисход. | 0.5 | 13.2 | 1.74 | 14.5 | 1.51 | 17 | 1.48 | 19.8 | 1.75 |
| Нисход. | 1 | 18.8 | 1.57 | 20.8 | 1.44 | 26.5 | 1.26 | 31.6 | 1.11 |
| Нисход. | 2 | 28.5 | 1.52 | 33.3 | 1.44 | 49.3 | 1.28 | - | - |
| Нисход. | 3 | 40.7 | 1.55 | - | - | - | - | - | - |
| Полная | 0.5 | 25.2 | 1.70 | 27.2 | 1.64 | 31 | 1.55 | 34.1 | 1.77 |
| Полная | 1 | 35.5 | 1.65 | 38.2 | 1.60 | 45.8 | 1.41 | 51.4 | 1.31 |
| Полная | 2 | 51.9 | 1.64 | 57.7 | 1.59 | 77.8 | 1.45 | - | - |
| Полная | 3 | 69.3 | 1.69 | - | - | - | - | - | - |
| σ = 15 дней | | | | | | | | | |
| Восход. | 0.5 | 16.5 | 2.29 | 16.70 | 2.39 | 17.60 | 2.07 | 18.70 | 2.34 |
| Восход. | 1 | 23.2 | 2.44 | 23.50 | 2.47 | 24.70 | 2.15 | 26.00 | 2.41 |
| Восход. | 2 | 32.6 | 2.55 | 33.10 | 2.53 | 34.50 | 2.30 | 35.70 | 2.48 |
| Восход. | 3 | 39.6 | 2.66 | 40.20 | 2.61 | 42.00 | 2.41 | 43.20 | 2.59 |
| Нисход. | 0.5 | 16.9 | 2.22 | 18.20 | 1.90 | 21.50 | 1.87 | 23.70 | 2.10 |
| Нисход. | 1 | 24.4 | 2.03 | 25.40 | 1.76 | 33.00 | 1.57 | 36.20 | 1.27 |
| Нисход. | 2 | 37 | 1.97 | 42.20 | 1.82 | - | - | - | - |
| Полная | 0.5 | 33.4 | 2.26 | 34.90 | 2.10 | 39.10 | 1.96 | 42.40 | 2.20 |
| Полная | 1 | 47.6 | 2.21 | 48.90 | 2.05 | 57.70 | 1.78 | 62.20 | 1.58 |
| Полная | 2 | 69.6 | 2.20 | 75.30 | 2.07 | - | - | - | - |
| σ = 20 дней | | | | | | | | | |
| Восход. | 0.5 | 19.6 | 2.72 | 22.7 | 3.24 | 22 | 2.59 | 23.30 | 2.91 |
| Восход. | 1 | 28.2 | 2.97 | 31.3 | 3.29 | 30.9 | 2.69 | 32.40 | 3.00 |
| Восход. | 2 | 40.3 | 3.15 | 43.6 | 3.33 | 43.2 | 2.88 | 45.20 | 3.14 |
| Нисход. | 0.5 | 23.2 | 3.05 | 21.7 | 2.26 | 27 | 2.35 | 27.30 | 2.42 |
| Полная | 0.5 | 42.8 | 2.89 | 44.4 | 2.67 | 49 | 2.45 | 50.60 | 2.62 |

Результаты измерений в графической форме представлены на Рисунке 2 как зависимость фактора уширения w от среднеквадратического отклонения времени путешествия σ для различных частей кривой блеска и смещений магнитуды относительно максимума.

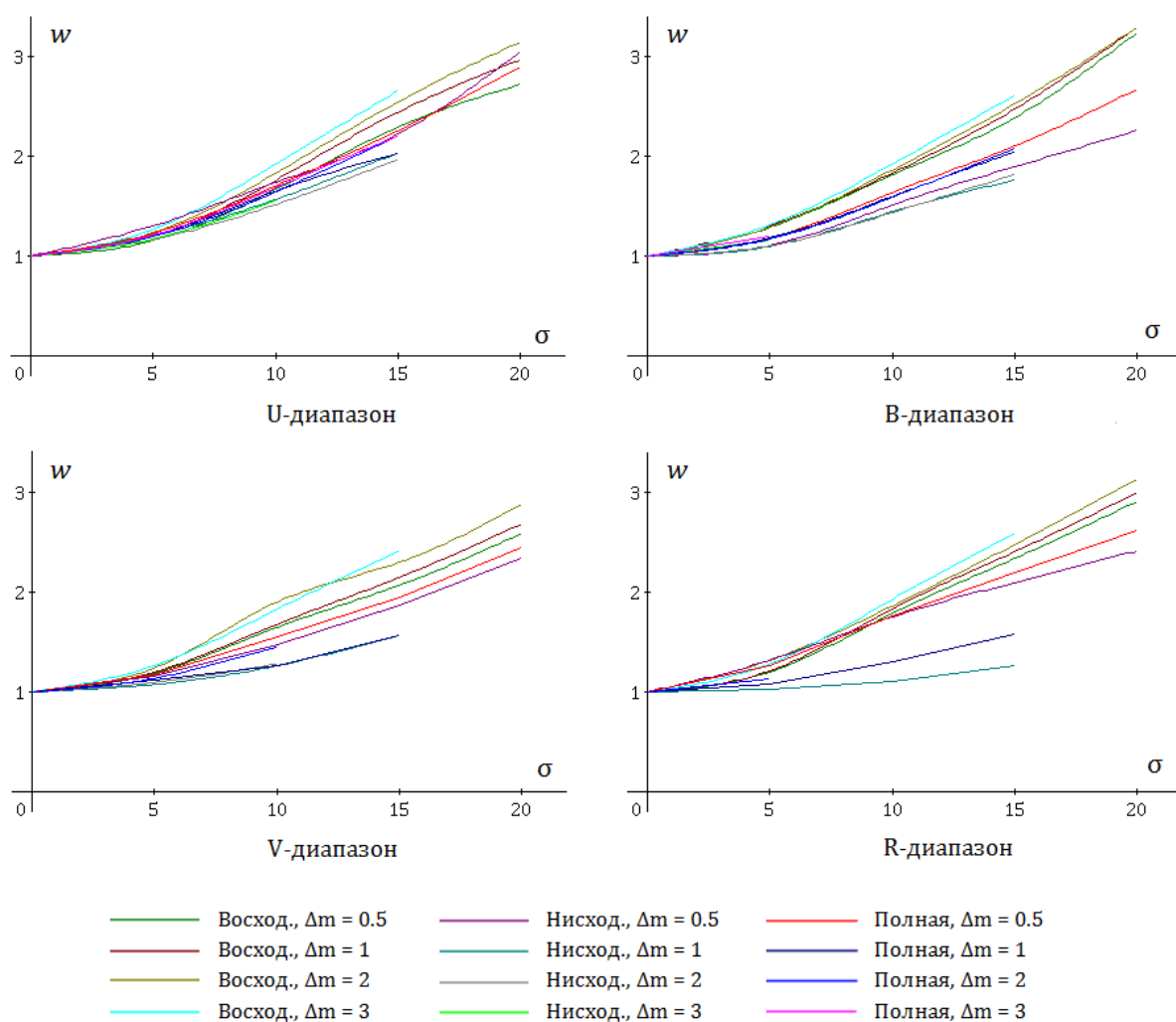


Рисунок 2

Зависимость фактора уширения от среднеквадратического отклонения времени путешествия фотонов в несмещённых диапазонах UBVR

Измерения фактора уширения, представленные в Таблице 1 и на Рисунке 2, показывают, что в модели “утомлённого света” растяжение во времени не является универсальным. Оно зависит от диапазона спектра, смещения магнитуды и части кривой, где проводились измерения. Это противоречит результатам, полученным Голдхабером и др. [1]. Группа Голдхабера анализировала растяжение во времени кривых блеска сверхновых типа Ia в синем диапазоне, используя метод составной кривой блеска (method of Composite Light Curve). Для этого они использовали фотометрические измерения 12-ти сверхновых с низким красным смещением (проект Calán/Tololo Survey) и 35-ти сверхновых с высоким красным смещением (проект SCP, Supernova Cosmology Project). По мнению авторов, они получили замечательный результат, заключающийся в том, что финальная составная кривая блеска (Фигура 1f в [1]) получилась очень однородной (homogeneous). Они представили этот результат как доказательство универсальности растяжения. Для промежуточных преобразований, выполненных при построении составной кривой блеска, авторы

использовали значения фактора уширения w и фактора растяжения s , измеренные Перлмуттером и др. [8] для сверхновых с высоким красным смещением в рамках проекта SCP. Группа же Перлмуттера измеряла ширины кривых блеска, факторы уширения и растяжения на кривых, полученных подгоном фотометрических точек к шаблону кривой блеска, универсально растянутому в $(1+Z)$ раз! Не удивительно, что составная кривая Голдхабера получилась такой однородной. Получается, что Голдхабер доказывает то, что использует в доказательстве. Логику группы Голдхабера можно выразить следующим образом: *Если A верно, то A верно, значит A – правильная гипотеза*. Доказательство универсальности растяжения взрыва во времени, основанное на подобной логике, не может быть принято.

Кривые блеска в терминах нормализованной плотности потока для диапазонов UBVR представлена на Рисунке 3. Плотность потока нормализована таким образом, что 1 соответствует максимуму при нулевом красном смещении (соответственно при нулевом среднеквадратическом отклонении).

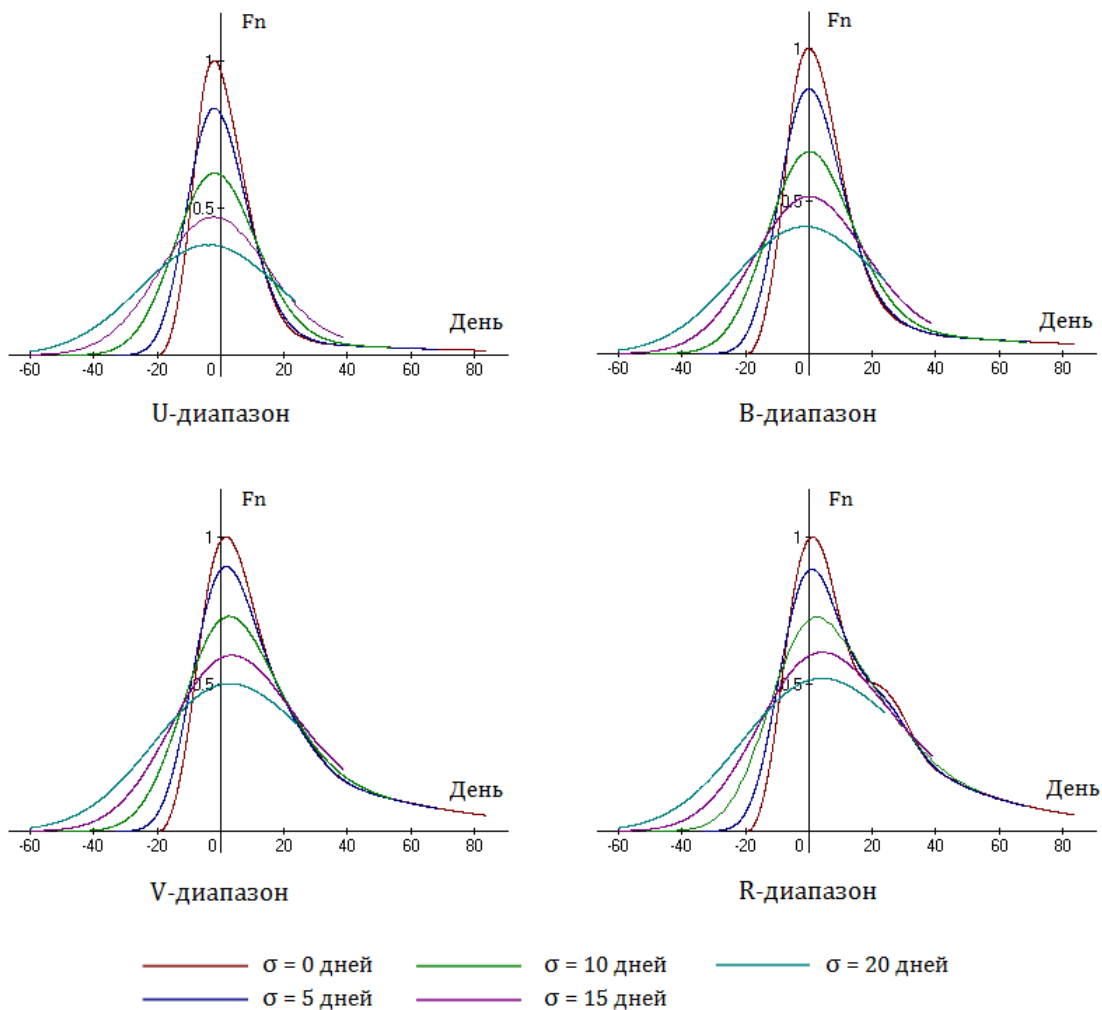


Рисунок 3

Нормализованная плотность потока в диапазонах UBVR

5. Уширение кривых блеска в диапазонах IYJHK

На Рисунке 4 показаны несмещённые кривые блеска в терминах магнитуды для различных значений среднеквадратического отклонения в диапазонах IYJHK. Факторы уширения в диапазонах IYJHK не могут быть определены отдельно для восходящих и нисходящих частей кривой, так как с увеличением средне-квадратического отклонения два максимума на кривой плавно переходят в один максимум. Поэтому измерения проводились по полной кривой. Результаты представлены в Таблице 2 и на Рисунке 5.

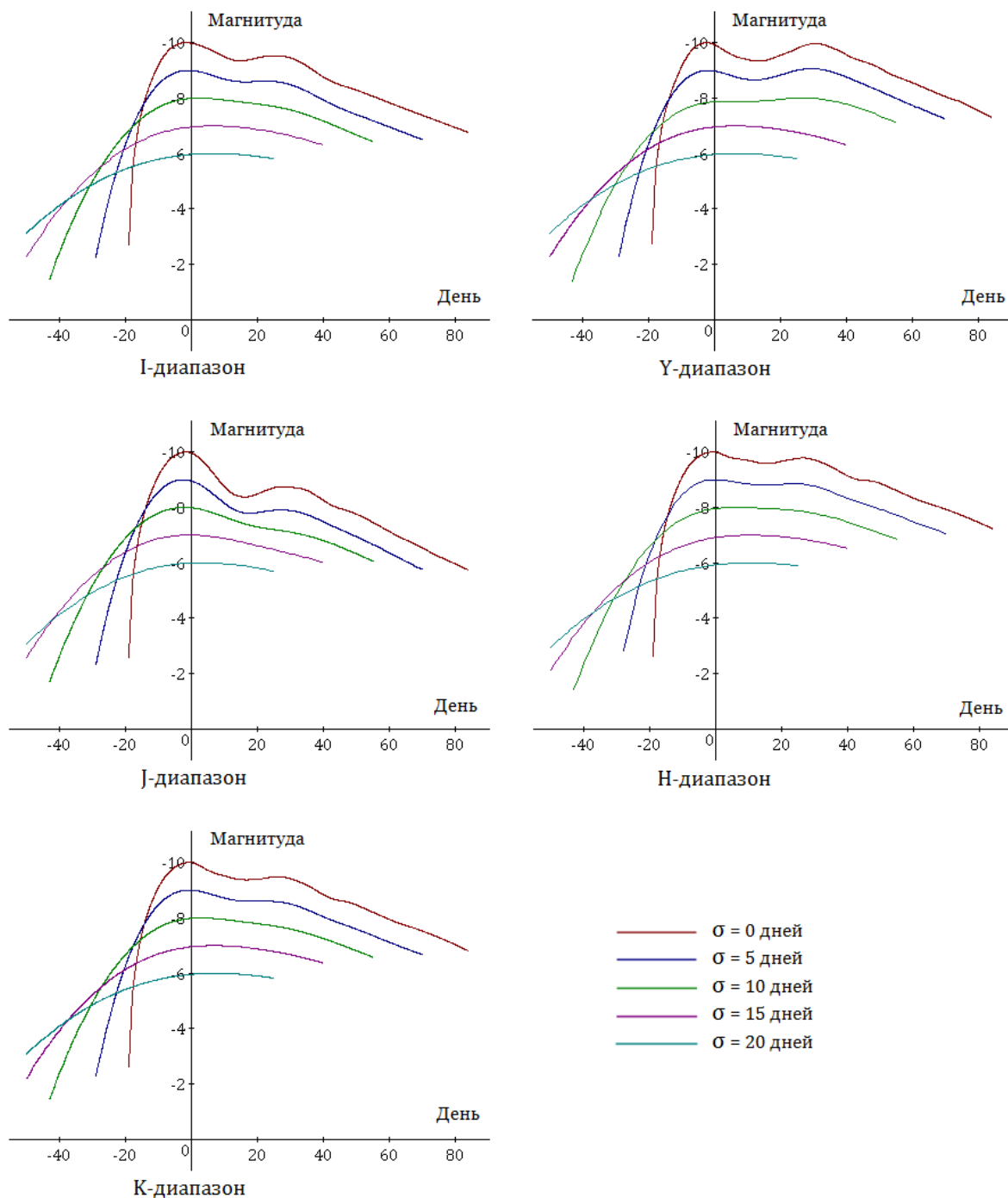


Рисунок 4

Кривые блеска в терминах магнитуды для диапазонов IYJHK

Таблица 2 – Измерения уширения кривых блеска в несмещённых диапазонах ГУЖК

| Часть кривой | Δt | I | | Y | | J | | H | | K | |
|--------------------|------------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| | | Ширина | w | Ширина | w | Ширина | w | Ширина | w | Ширина | w |
| $\sigma = 0$ дней | | | | | | | | | | | |
| Полная | 0.5 | 36.2 | 1 | 49.4 | 1 | 12.9 | 1 | 42.4 | 1 | 34.0 | 1 |
| Полная | 1 | 47.7 | 1 | 61.6 | 1 | 18.8 | 1 | 54.1 | 1 | 47.9 | 1 |
| Полная | 1.5 | 57.1 | 1 | 73.3 | 1 | 49.3 | 1 | 68.8 | 1 | 61.5 | 1 |
| Полная | 2 | 70.3 | 1 | 84.8 | 1 | 57.9 | 1 | 81.8 | 1 | 72.6 | 1 |
| $\sigma = 5$ дней | | | | | | | | | | | |
| Полная | 0.5 | 39.9 | 1.10 | 55.6 | 1.13 | 16.9 | 1.31 | 46.10 | 1.09 | 40.0 | 1.18 |
| Полная | 1 | 52.1 | 1.09 | 68.3 | 1.11 | 25.3 | 1.35 | 61.20 | 1.13 | 53.9 | 1.13 |
| Полная | 1.5 | 63.4 | 1.11 | 94.1 | 1.28 | 55.3 | 1.12 | 75.00 | 1.09 | 67.2 | 1.09 |
| Полная | 2 | 76.8 | 1.09 | - | - | 66.8 | 1.15 | 88.60 | 1.08 | 79.9 | 1.10 |
| $\sigma = 10$ дней | | | | | | | | | | | |
| Полная | 0.5 | 43.6 | 1.20 | 57.7 | 1.17 | 28.1 | 2.18 | 50.00 | 1.18 | 45.2 | 1.33 |
| Полная | 1 | 61.1 | 1.28 | 73.6 | 1.19 | 53.2 | 2.83 | 68.00 | 1.26 | 62.9 | 1.31 |
| Полная | 1.5 | 75.3 | 1.32 | - | - | 69.1 | 1.40 | - | - | 77.5 | 1.26 |
| Полная | 2 | - | - | - | - | 81.6 | 1.41 | - | - | - | - |
| $\sigma = 15$ дней | | | | | | | | | | | |
| Полная | 0.5 | 49.2 | 1.36 | 59.5 | 1.20 | 42.3 | 3.28 | 52.8 | 1.25 | 49.8 | 1.46 |
| Полная | 1 | - | - | - | - | 65 | 3.46 | - | - | 71.4 | 1.49 |

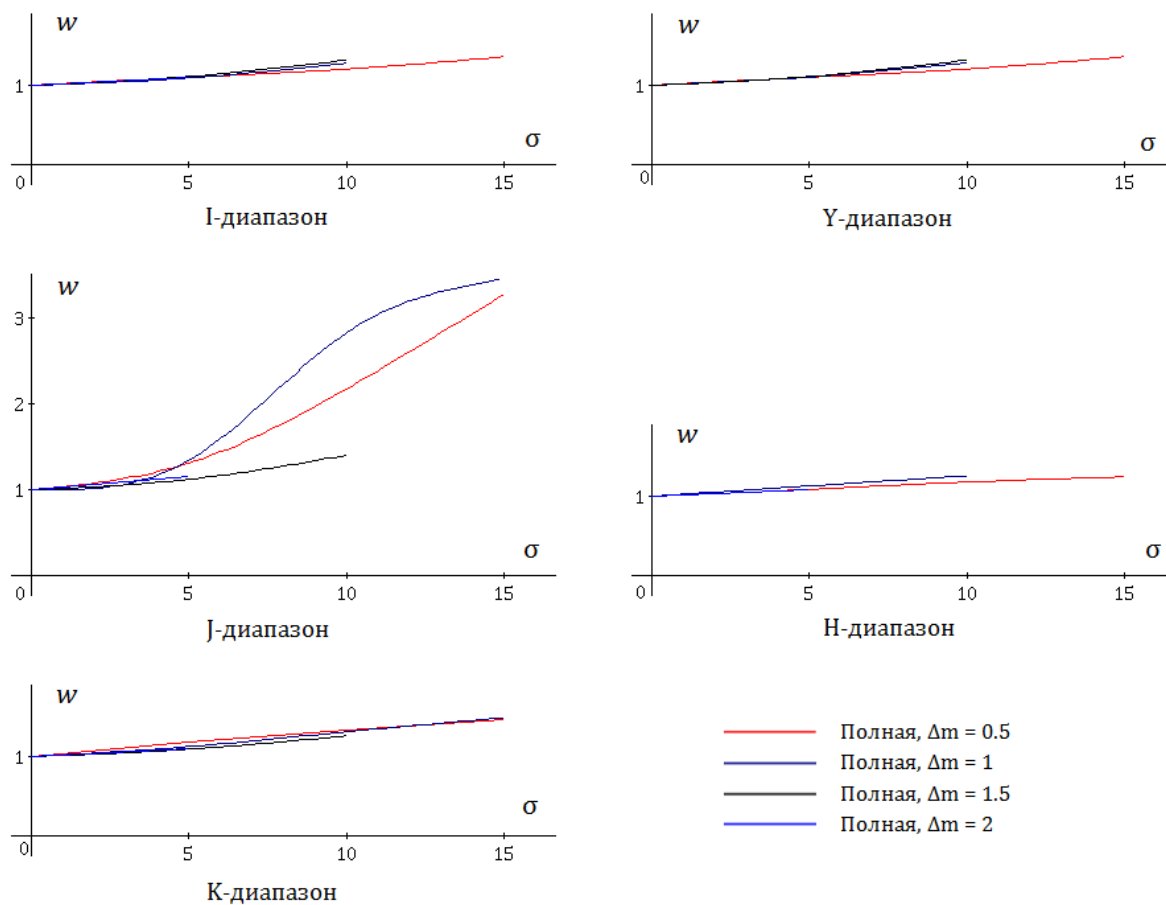


Рисунок 5

Зависимость фактора уширения от среднеквадратичного отклонения времени путешествия фотонов в несмещённых диапазонах ГУЖК

Кривые блеска в терминах нормализованной плотности потока для диапазонов IYJHK представлена на Рисунке 6. Плотность потока нормализована таким образом, что 1 соответствует максимуму при нулевом красном смещении.

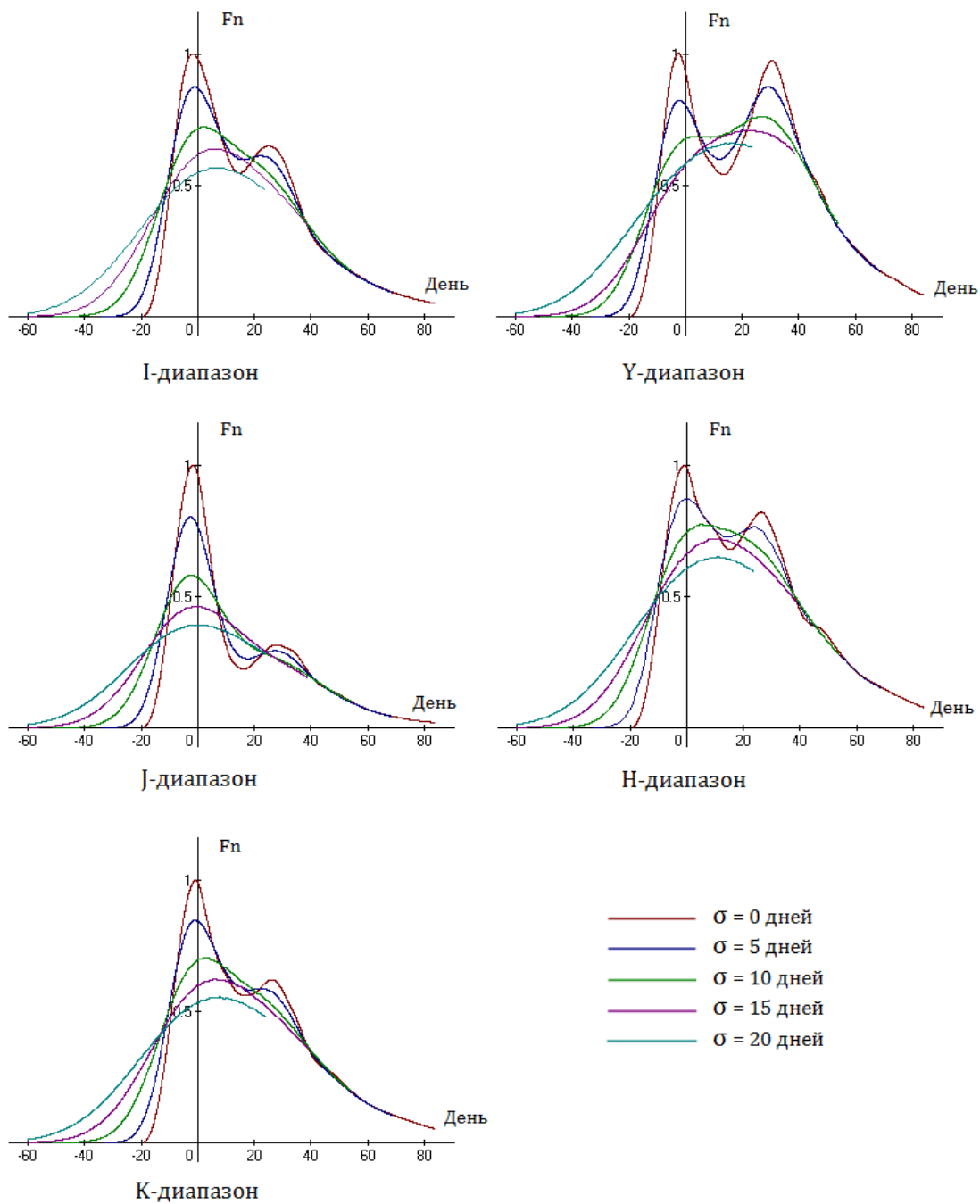


Рисунок 6
Нормализованная плотность потока в диапазонах IYJHK

Рисунки 4 и 6 показывают, что с увеличением среднеквадратического отклонения времени путешествия второй максимум в кривых блеска диапазонов IYJHK постепенно исчезает. Этот результат может быть использован для проверки гипотезы “утомлённого света”. Чтобы проверить полученный результат на соответствие данным наблюдений, я проанализировал данные

фотометрических измерений в несмещённом I-диапазоне для 21-ой сверхновой с высоким красным смещением, которые перечислены в Таблице 3. Данные этих измерений доступны на веб-сайте проекта Carnegie Supernova Project (CSP) [17].

Таблица 3 – Сверхновые проекта CSP

| Сверхновая | Z | Источник | Сверхновая | Z | Источник | Сверхновая | Z | Источник |
|-------------|-------|----------|------------|-------|----------|------------|-------|----------|
| SN6699 | 0.311 | SDSS | 05D2dw | 0.417 | SNLS | 05D1dn | 0.566 | SNLS |
| SN4679 | 0.332 | SDSS | 04D1rh | 0.435 | SNLS | 03D4gl | 0.571 | SNLS |
| d149wcc4_11 | 0.342 | Essence | e108wdd8_4 | 0.469 | Essence | 04D1oh | 0.590 | SNLS |
| 05D2mp | 0.354 | SNLS | 05D2bv | 0.474 | SNLS | 04D2an | 0.620 | SNLS |
| 05D4fo | 0.373 | SNLS | 05D1ix | 0.490 | SNLS | 04D1sk | 0.663 | SNLS |
| 05D4cw | 0.375 | SNLS | 04D1pg | 0.515 | SNLS | 05D2bt | 0.679 | SNLS |
| SN5183 | 0.390 | SDSS | 05D2eb | 0.534 | SNLS | 05D2ck | 0.698 | SNLS |

Фотометрические измерения большей части перечисленных сверхновых не достаточно полны, чтобы судить о присутствии или отсутствии второго максимума. Лишь две сверхновые, 05D4cw и 05D2bv, представляют интерес. Для 05D4cw участники проекта CSP построили кривую, подогнав её под шаблон с двумя максимумами. Однако эта сверхновая имеет всего три фотометрические точки, к которым неплохо подгоняется и к кривая с одним максимумом, как это показано красной линией на Рисунке 7. В случае со сверхновой 05D2bv фотометрических точек пять, и к ним гораздо лучше подходит кривая с одним максимумом, чем с двумя (рис. 8). Оригиналы изображений для Рисунков 7 и 8 получены на сайте проекта CSP.

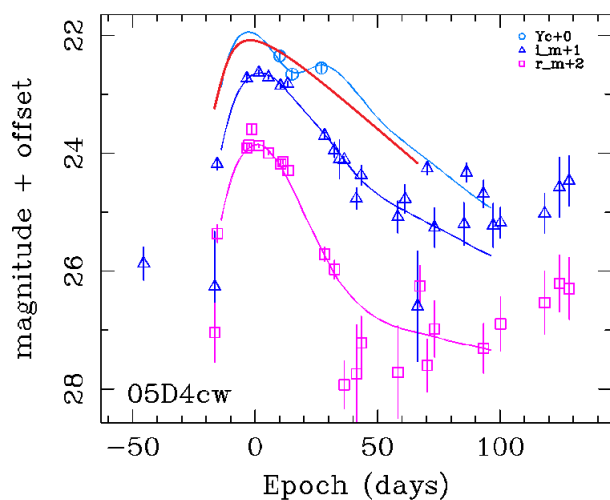


Рисунок 7

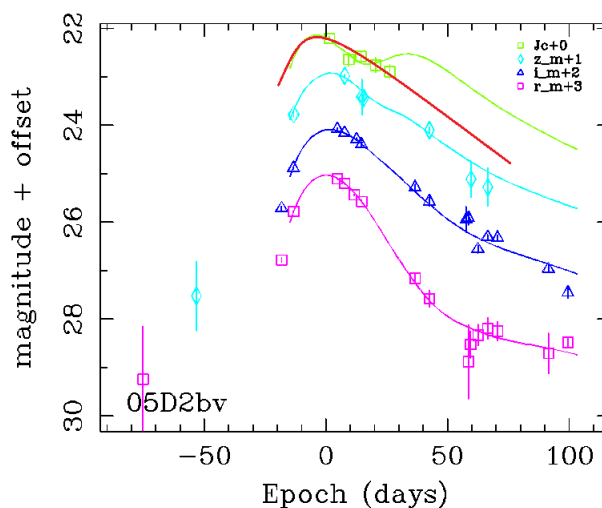


Рисунок 8

Таблица 2 и Рисунок 5 показывают, что растяжение во времени для несмещённых диапазонов IYJHK в общем случае меньше, чем для диапазонов UBVVR. Это может быть ещё одним тестом для проверки гипотезы “утомлённого света”.

Данные фотометрических наблюдений в инфракрасном и около-инфракрасных диапазонах для сверхновых с высоким красным смещением, доступные на сегодняшний день, не дают оснований подтвердить или отвергнуть гипотезу “утомлённого света”. Для этого необходимы систематические наблюдения с большей частотой и точностью. Однако можно сказать, что

гипотеза “утомлённого света” по крайней мере не противоречит данным наблюдений в инфракрасном и около-инфракрасных диапазонах.

6. Старение спектра

В представленной модели “утомлённого света” фотоны, испущенные в одно и то же время, придут к наблюдателю в разные дни. Это означает, что наблюдаемые спектры будут отличаться от оригинальных. Проведённое компьютерное моделирование показывает, что при увеличении среднеквадратического отклонения времени путешествия, спектр становится более размытым, но тем не менее остается различимым как тип Ia. На Рисунке 9 показаны спектры для дня 0 при различных значениях σ .

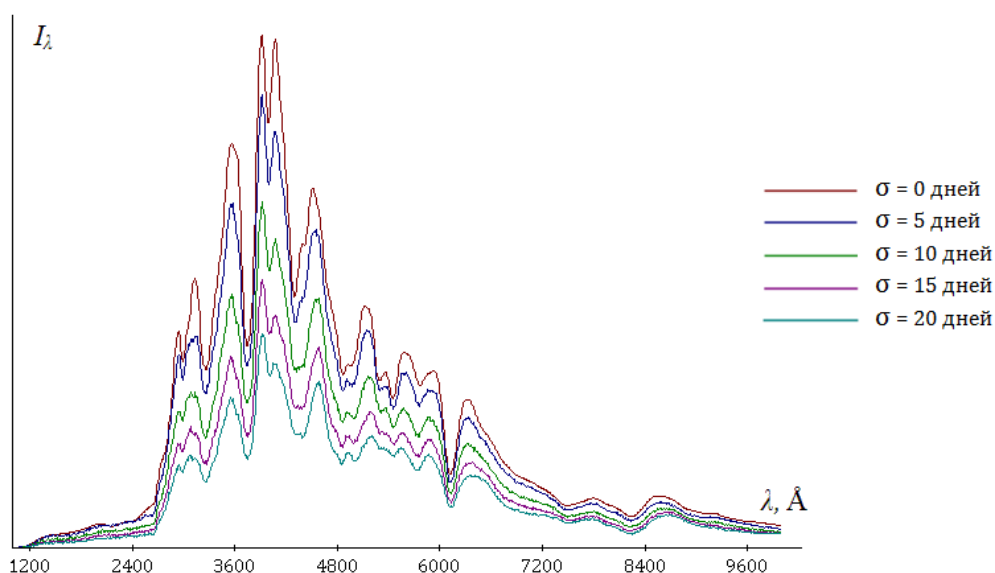


Рисунок 9

Спектры дня 0 при различных значениях среднеквадратического отклонения

Тот факт, что спектры остаются различимыми, дает возможность провести исследование старения (aging) спектра, используя подход, предложенный Блондином и др. [2]. Для этого я нормализовал спектр каждого дня для каждого σ таким образом, чтобы 1 соответствовала максимуму спектральной плотности при данном значении σ . Диапазон длины волны такой же, как и у Блондина, – 3000..7000Å. Затем я сравнил нормализованные спектры каждого дня при $\sigma > 0$ с нормализованными спектрами каждого дня при $\sigma = 0$, используя метод наименьших квадратов. Таким образом для спектра каждого дня при $\sigma > 0$ был найден день с наиболее похожий спектром при $\sigma = 0$. Результаты этого совмещения показаны на Рисунке 10. Компьютерная программа, которую я разработал для сравнения спектров, доступна для свободного скачивания вместе с исходным кодом [18].

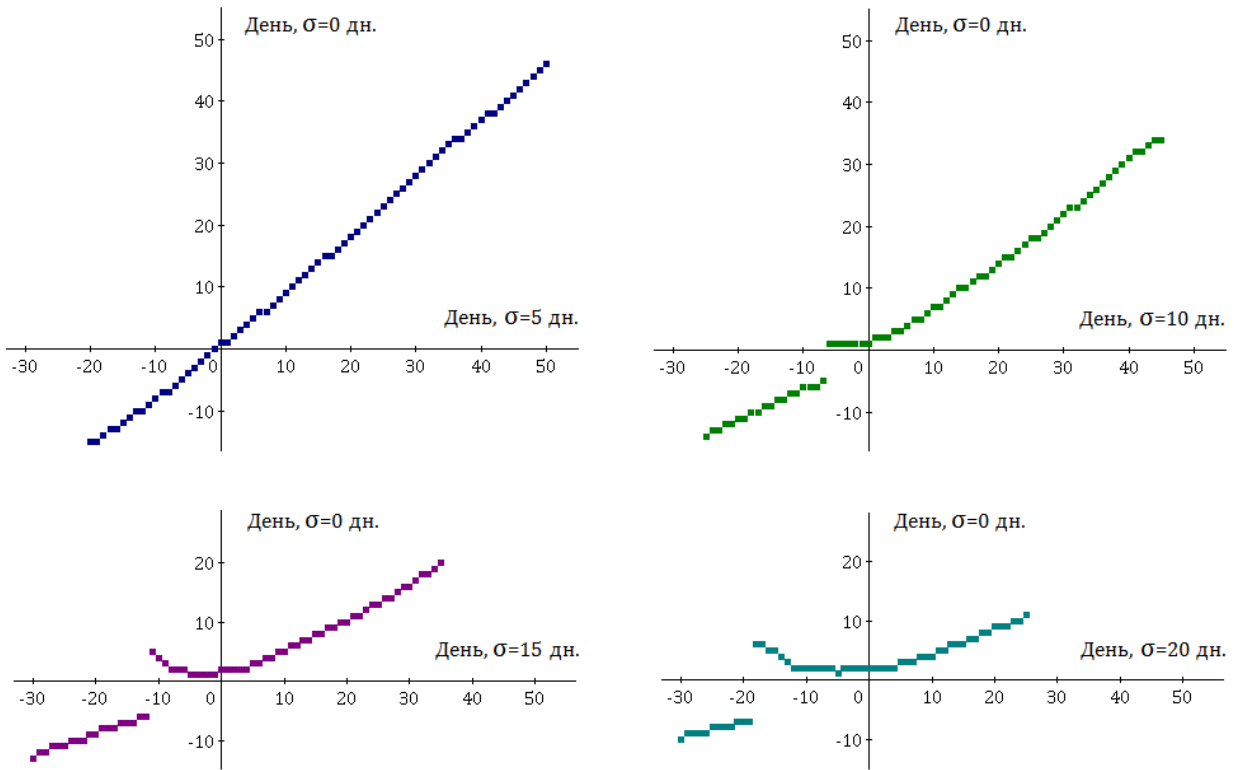


Рисунок 10
Совмещение спектров по дням взрыва

Блондин и др. сранивали спекры для дней в интервале от 0 до 30 дней. Я проделал то же самое. Результаты совмещения спектров после дня 0 показаны на рисунке 11. Точки совмещения очень хорошо укладываются на прямые. Это свидетельствует о том, что модель “утомлённого света” хорошо согласуется с результатами Блондина и др.

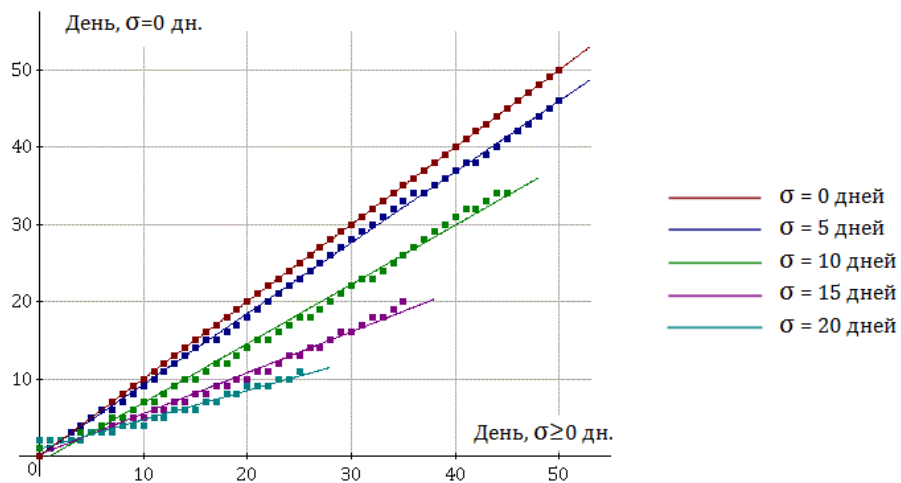


Рисунок 11
Совмещение спектров после 0-ого дня

Результаты исследования старения спектра, проведённого Блондином и др., замечательны тем, что они получены без применения субъективных подгонок. Согласно Блондину, линейный коэффициент k линий совмещения связан с красным смещением соотношением $k=I/(I+Z)$. Предполагая, что результаты Блондина и др. корректны, можно установить зависимость между Z и σ . Строго говоря, неизвестно, является ли значение σ одинаковым для всех длин волн. Поэтому в данной зависимости σ должна рассматриваться как средневзвешенное значения для диапазона волн 3000...7000Å. Зависимость между Z и σ показана в Таблице 4 и на Рисунке 12.

Таблица 4

| σ | k | Z |
|----------|-------|-------|
| 0 | 1.000 | 0.000 |
| 5 | 0.917 | 0.090 |
| 10 | 0.766 | 0.305 |
| 15 | 0.529 | 0.890 |
| 20 | 0.376 | 1.657 |

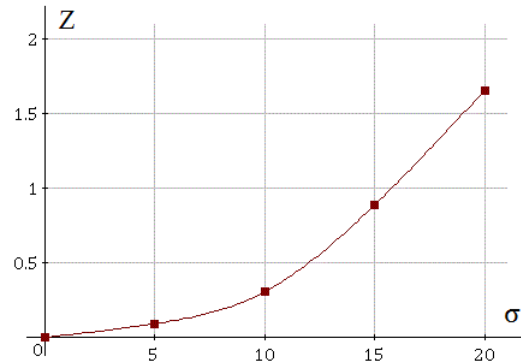


Рисунок 12

7. Обсуждение

Уточнённая модель “утомлённого света” предлагает механизм, объясняющий эффекты растяжения во времени для взрывов сверхновых типа Ia. Исследование, проведённое методом компьютерного моделирования, показывает, что астрономические наблюдения, относящиеся к уширению кривых блеска и старению спектра не противоречат модели “утомлённого света”. Исключение модели “утомлённого света”, предлагаемое в современной космологии, не оправдано. Модель “утомлённого света” имеет следующие преимущества перед моделью расширяющейся Вселенной:

- Она возвращает свету физический смысл волны в среде
- Исключает необходимость в загадочной “тёмной энергии”
- Исключает абсурд сверхсветовой скорости (относительно Земли) звёзд с красным смещением $Z > 1$
- Согласуется с тестом Толмана, который показывает, что Вселенная не расширяется [19][20]

Для того, чтобы подтвердить или опровергнуть модель “утомлённого света” (или модель расширяющейся Вселенной), наблюдения, относящиеся к эффектам видимого замедления взрывов сверхновых, следует проводить по следующим направлениям:

- Необходимо проверить универсальность параметра растяжения для различных диапазонов спектра, частей кривых блеска, и на различных уровнях магнитуды без подгонки к универсально растянутым шаблонам кривых блеска.
- Проводить систематические наблюдения сверхновых с высоким красным смещением в инфракрасных и около-инфракрасных диапазонах с целью установить наличие или отсутствие второго максимума в кривых блеска.

- При определении типа сверхновых с высоким красным смещением, отсутствие второго максимума не должно использоваться как критерий классификации.
- Необходимо провести исследование старения спектра по методу Блондина для дней, предшествующих нулевому.
- Крайне важно продолжить шаблон изменений спектра с 85-ого до хотя бы 120-ого дня после нулевого, чтобы расширить результаты компьютерного моделирования модели “утомлённого света”.

Ссылки

1. Goldhaber G. et al., Timescale Stretch Parameterization of Type Ia Supernova B-band Light Curves, The Astrophysical Journal, vol. 558:359-368, 2001 September 1
2. Blondin S. et al., Time Dilation in Type Ia Supernova Spectra at High Redshift, The Astrophysical Journal, 682:724-736, 2008 August 1
3. Fritz Zwicky, "On the Red Shift of Spectral Lines through Interstellar Space", Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Volume 15, Issue 10, pp. 773-779, 1929
4. Hubble Edwin and Richard C. Tolman , "Two Methods of Investigating the Nature of the Nebular Redshift", Astrophysical Journal, vol. 82, p.302, 1935
5. Erwin Finlay-Freundlich, "Red-Shifts in the Spectra of Celestial Bodies", Proceedings of the Physical Society, Section A, vol.82, p.192, 1954
6. David F. Crawford, "Curvature pressure in a cosmology with a tired-light redshift", Australian J. Phys., 52, 753, 1999
7. Карим А. Хайдаров, “Вечная Вселенная”, Боровое, 2003, <http://bourabai.kz/vseennaya.htm>
8. Perlmutter S. et al., “Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae”, The Astrophysical Journal, vol. 517, pp.565- 586, 1999 June 1
9. Карим А. Хайдаров, “Температура эфира и красные смещения”, Боровое, 2005, <http://bourabai.kz/redshifts.htm>
10. Alexander Chepick, "Supremum of the Interaction Speed of the Matter", Spacetime & Substance, vol.82, No.3, p.122, 2002
11. Alexander Chepick, "Explanation of width- and stretch-factors for Type Ia Supernovae", 2002, http://redshift0.narod.ru/Eng/Stationary/Redshift/S_factor_En.htm
12. Herman Holushko, Simulation Software *SNSim*, <http://www.holushko.net/download/SNSim.zip>
13. Hsiao E. et al., “K-Corrections and Spectral Templates of Type Ia Supernovae”, The Astrophysical Journal, vol. 663, p.1187, 2007 July 10
14. Eric Hsiao Page, Spectral Template of Type Ia Supernovae, http://supernova.lbl.gov/~hsiao/uber/hsiao_template.tar.gz

15. The MONET (MONitoring NETwork of Telescopes) Project. Available Filters, <http://monet.uni-goettingen.de/foswiki/MonetObserving/Filters>
16. Large Binocular Telescope (LBT) Mount Graham International Observatory. Filters LUCIFER1, http://www.lsw.uni-heidelberg.de/users/agermero/calculator/docu_html/node29.html
17. The Carnegie Supernova Project. High-z CSP Supernovae <http://obs.carnegiescience.edu/CSP/data/highzSNe>
18. Herman Holushko, Software for matching spectra *SpectraAging*, <http://www.holushko.net/download/SpectraAging.zip>
19. Domingos S. L. Soares, “Sandage versus Hubble on the reality of the expanding universe”, 2008 February 2, [arXiv:physics/0605098v3](https://arxiv.org/abs/physics/0605098v3)
20. Eric J. Lerner, “Evidence for a Non-Expanding Universe: Surface Brightness Data From HUDF”, AIP Conf. Proc. 822, pp. 60-74, 2005, [arXiv:astro-ph/0509611v2](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0509611v2)