

# Исследование слабых галактик в поле гамма-всплеска GRB 021004

И. В. Соколов,<sup>1</sup> Т. А. Фатхуллин,<sup>1</sup> А. С. Москвитин,<sup>1</sup> Баджеш Кумар,<sup>2</sup> Ю. В. Барышев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167, Россия*

<sup>2</sup>*Исследовательский Институт Наблюдательных*

*Наук Ариабатта (ARIES), Наинитал, 263129, Индия*

<sup>3</sup>*Институт Астрономии Санкт-Петербургского Государственного Университета*

Исследованы данные BVRI-наблюдений полей размером  $4.3 \times 4.3$  с родительской галактикой GRB 021004. Наблюдения были проведены на БТА/SCORPIO в декабре 2002 г. Времена экспозиции 2600 сек. (B), 3600 сек. (V), 2700 сек. (R), и 1800 сек. (I). Построены цветовые диаграммы для всех галактик поля ( $S/N > 3$ ) и звездообразных объектов в нем (таких 23). Проведены дифференциальные и интегральные подсчеты галактик во всех 4 фильтрах до предела, соответствующего  $S/N > 3$  (311 объект): 28.5 (B), 28 (V), 27 (R), 26.5 (I). Определены фотометрические красные смещения галактик поля и построено их распределение до  $z \approx 4$ . Для родительской галактики GRB 021004  $z_{phot} = 2.215$ , а  $z_{sp} = 2.329$ . По результатам дифференциальных и интегральных подсчетов создан каталог галактик обнаруженных в поле, в который включено 183 объекта, что соответствует следующим значениям звездных величин: 26.0 (B), 25.5 (V), 25.0 (R), 24.5 (I).

## 1. ВВЕДЕНИЕ

по программе оптического отождествления  $\gamma$ -всплесков, приведены в таблице 1 [3].

### 1.1. Глубокие поля БТА

Глубокие поля - это проекты детального изучения относительно небольших участков небесной сферы. Такие проекты осуществляются на больших телескопах и для них характерна большая глубина ( $z \geq 0.5$ ), большие времена экспозиции (от нескольких часов до нескольких суток и даже месяцев) и малая площадь (от квадратных угловых секунд до нескольких квадратных градусов). На телескопе БТА САО РАН (6м) за все время его работы было получено множество глубоких полей, некоторые из которых, полученных

### 1.2. Постановка задачи

Целью этой работы является выделение и исследование далеких галактик глубокого поля GRB021004, наблюдавшегося в программе оптических отождествлений  $\gamma$ -всплесков. Данные по этому полю удалось получить в достаточно хороших наблюдательных условиях. Для его обработки необходимо было провести первичную редукцию прямых снимков, выделить на изображении слабые галактики, сделать фотометрию в четырех фильтрах

(B,V,R,I), оценить угловые размеры галактик и фотометрические красные смещения, построить зависимости между разными наблюдаемыми величинами.

## 2. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

### 2.1. Наблюдения

Фотометрические наблюдения поля родительской галактики  $\gamma$ -всплеска GRB 021004 были проведены 30 ноября и 1 декабря 2002 года на 6-м телескопе САО РАН. Условия наблюдений были фотометрические с качеством изображения 1.3 угл. секунды, измеренным как полная ширина на половине максимума (FWHM) изображения звездообразных объектов в поле. Площадка центрировалась на координаты родительской галактики  $\alpha_{2000.0} = 0^h 26^m 54^s .4$ ,  $\delta_{2000.0} = +18^\circ 53' 44''.42$ , что соответствует галактической широте и долготе  $b = -43^\circ 35' 37''.1$ ,  $l = 114^\circ 54' 34''.3$ .

В наблюдениях использовался прибор SCORPIO (Spectral Camera with Optical Reducer for Photometrical and Interferometrical Observations)[15], установленный в главном фокусе 6-м телескопа САО РАН. В качестве приемника излучения использовалась ПЗС-матрица ТК1024 формата  $1034 \times 1034$ . Размер элемента разрешения составляет 24 микрон, что соответствует угловому масштабу  $0.289''$  на элемент.

### 2.2. Первичная редукция данных

Начальная редукция данных включала в себя вычитание электронного “нуля”, деление на плоское поле, вычитание следов интерференции в фильтрах  $R_c$  и  $I_c$ , удаление следов космических частиц. Все кадры, полученные в одной цветовой полосе, суммировались. Суммарные кадры были приведены к одной ориентации и к единой системе координат. Размер области пересечения суммарных изображений во всех фильтрах составил  $4'.05'' \times 4'.16''$ .

В качестве начальной редукции данных использовалась стандартная методика, применяющаяся к ПЗС-данным. Вся редукция данных проводилась с использованием пакета ESO-MIDAS <sup>1</sup>.

#### • Вычитание электронного “нуля”:

На начальном этапе обработки данных производится коррекция за так называемый электронный “нуль” (bias). Так как он является аддитивной составляющей результирующего сигнала на ПЗС, электронный “нуль” вычитается из данных. На практике используются несколько медианно усредненных кадров “нуля”, что позволяет избавиться от следов космических частиц и уменьшить собствен-

<sup>1</sup> MIDAS (Munich Image Data Analysis System) распространяется и поддерживается Европейской Южной Обсерваторией

ные шумы.

- **Вычитание темнового сигнала:**

Матрицы типа ТК1024 имеют достаточно малый темновой ток, который не вносит заметных поправок в результирующий сигнал. Поэтому, в данной работе поправка за темновой ток не производилась. В общем же случае, для коррекции за этот эффект в течение ночи делается несколько экспозиций при закрытом затворе с длительностью такой же, как и в случае экспозиций для исследуемых объектов. Для понижения шумов производится медианное усреднение полученных кадров и затем результат вычитается из исходных данных.

- **Деление на плоское поле:**

Неоднородность чувствительности элементов ПЗС матрицы корректируются делением на плоское поле. Плоское поле получают путем облучения приемника в каждом из фильтров источником равномерной засветки. Обычно для этого используют яркое вечернее и утреннее сумеречное небо или лампу непрерывного спектра, освещающую крышки главного зеркала. Для удаления следов космических частиц и возможных объектов делается несколько экспозиций со смещением и дальнейшее медианное усреднение полученных кадров.

- **Удаление следов космических частиц:**

Одним из недостатков приборов с зарядовой связью является их чувствительность к космическим частицам. Существуют различные способы выделения космических частиц, например вычитание медианного среднего нескольких кадров из данного. В данной работе был использован алгоритм, реализованный в процедуре `FILTER/COSMIC` пакета `MIDAS`.

- **“Косметика”:**

Нередко имеющиеся дефектные элементы (как с Пониженной чувствительностью, так и самопроизвольно генерирующие заряд) могут оставлять следы после начальной редукции. Для устранения такого рода дефектов, имеющих фиксированное положение для данной матрицы, применяется интерполяция отсчетов по окрестности.

- **Вычитание следов интерференционного “узора”:**

Для так называемых тонких матриц (`thinned CCD`, таких как ТК1024) характерно присутствие в результирующем сигнале интерференционного “узора” (`fringes`), особенно в красной части спектра (фильтры  $R$  и  $I$ ). Это связано с практически монохромным излучением атмосферных эмиссионных линий. Для коррекции этого эффекта применяется метод последова-

тельных смещений. Положение “узора” на ПЗС матрице обычно стабильно в течение наблюдательной ночи, что позволяет отделить его от объектов. В ходе наблюдений данного поля между экспозициями производится смещение телескопа.

Величина смещения зависит от качества изображения в данную ночь, и выбирается таким образом, чтобы положение объектов в каждом последующем кадре не перекрывалось с предыдущим. Типичные величины сдвига при фотометрических наблюдениях составляют 30 элементов матрицы или  $\approx 9$  угл. секунд. Далее из редуцированных (вычтен электронный “нуль”, поделено на плоское поле и удалены частицы) кадров вычитался фон и полученные кадры усреднялись с помощью медианы. Так как интерференционный “узор” является аддитивной составляющей, полученный кадр вычитался из редуцированных данных.

- **Астрометрия:** Применение метода последовательных смещений требует на последнем этапе редукции сведения всех кадров в каждом из фильтров в единую систему координат. Эта задача выполнялась с помощью процедур `ALIGN/IMAGE` и `REBIN/ROTATE` пакета `ESO-MIDAS`. Первая процедура основана на вычислении геометрическо-

го преобразования (сдвиг, поворот, масштабирование) данного кадра к опорному с помощью набора реперных объектов. Обычно использовалось 7–15 опорных объектов. Для более точной астрометрии использовались звездообразные объекты, что позволяло достигать точности 0.2 – 0.5 элемента матрицы при вычислении сдвига. Далее приведенные кадры складывались.

### 2.3. Астрометрическая привязка

Для определения экваториальных координат выделяемых объектов, редуцированные кадры привязывались к системе мировых координат на эпоху 2000. Данная процедура производилась при помощи пакетов `wcstools`, `ds9` и каталога `USNO`, содержащего координаты звезд. Каталог был получен после заполнения формы на `www`-странице `USNO Flagstaff station` [16], где задавались координаты центра площадки, её размер и другие параметры. Для облегчения процедуры отождествления с сайта запрашивались изображения площадки, координаты объектов которой необходимо получить. Размер площадки брался равным  $7m \times 7m$  угловых минут, чтобы она наверняка включила в себя исследуемую область. В качестве опорного каталога выбирался каталог `USNO-B1.0`, содержащий более 1,000,000,000 объектов и являющийся последним каталогом проекта `USNOFS PMM`.

Опорные звезды, по которым производилась привязка к мировой системе координат, должны были удовлетворять следующим критериям:

- Объекты должны быть звездообразными, а их центры должны быть определены максимально точно для более качественной привязки;
- Объекты не должны быть перекоплены;
- Объекты не должны быть слишком слабыми, где в определяемые величины может дать вклад фоновый шум;
- Объекты по возможности не должны иметь собственных движений, или должны выбираться объекты с минимальными собственными движениями, чтобы минимизировать ошибку, связанную с тем, что привязываемые кадры и опорные каталоги были получены в разное время, за которые звёзды могут заметно сместиться;
- Ошибка определения координат опорных звезд должна быть минимальной;
- Опорные объекты не должны накладываться друг на друга.

Таким образом, было выбрано 6 звезд, по которым осуществлялась привязка при помощи пакета `wcstools`. Ошибка астрометрии составила 0.2 угловых секунд.

#### 2.4. Совмещение кадров и построение общего поля

Далее, редуцированные и привязанные к мировой системе координат кадры при помощи процедур `ALIGN/IMAGE` и `REBIN/ROTATE` пакета `ESO MIDAS` совмещались между собой и, таким образом, определялась область, общая для всех кадров, в которой производился поиск объектов (см. рис 2).

#### 2.5. Выделение объектов

Для поиска и массовой фотометрии объектов в поле был использован программный пакет `SExtractor` [6]. Пакет позволяет измерять несколько видов звездных величин, поэтому приведем здесь краткое резюме алгоритма измерений:

- *Изофотальная величина* определена как интеграл потока по области с интенсивностью выше заданного предела.
- *Исправленная изофотальная величина* определена следующим способом: профиль объекта аппроксимируется двумерной гауссианой и, исходя из найденных параметров, вводится соответствующая поправка к изофотальной величине.
- *Автоматическая величина* была впервые определена в работе [10]. Вычисля-

ется первый момент  $r_1 = \frac{\sum rI(r)}{\sum I(r)}$ . В работе [10] было показано, что для объектов со звездообразными, степенными и экспоненциальными профилями, свернутыми с гауссианой, примерно 92% потока заключено в апертуре радиуса  $kr_1$ , где  $k \approx 2$ . В пакете `SExtractor` определяется эллиптическая апертура с главными осями  $\epsilon kr_1$  и  $kr_1/\epsilon$ , где  $\epsilon$  - эллиптичность.

- Апертурная величина определена как величина, измеренная в круговой апертуре, заданной пользователем.

Полная величина определяется равной автоматической, если в соответствующую апертуру данного объекта не попадает сосед с блеском, который изменяет зв. величину данного объекта более, чем на 0.1 зв. величины. В противном случае выбирается исправленная изофотальная величина.

В качестве предела обнаружения объекта было выбрано  $2\sigma$  превышение интенсивности над фоном, где  $\sigma$  - флуктуация фона. Это соответствует изофотам 27.56, 26.64, 26.62 и 25.22 зв. величины на квадратную угл. секунду в  $B$ ,  $V$ ,  $R_c$  и  $I_c$  фильтрах ( $\sim 1\%$  от яркости ночного неба).

Аппроксимация фона — очень важная процедура при автоматическом поиске объектов. Поэтому построение фона контролировалось “на глаз”. Аппроксимированный фон проверялся на отсутствие структур около ярких

объектов и резких флуктуаций на малых масштабах (меньше, чем  $5 - 7 \text{ FWHM}^2$ ). Найденный кандидат считался реальным объектом, если он состоял не менее, чем из четырёх соединённых между собой элементов матрицы.

Всего было обнаружено 637, 771, 1169 и 615 объектов в  $B$ ,  $V$ ,  $R_c$  и  $I_c$  фильтрах соответственно. Следует отметить, что каталог может содержать ошибочное обнаружение из-за эффектов флуктуации фона. Для всех объектов каталога были измерены изофотальная, апертурная и полная величины. Массовая фотометрия объектов в поле позволяет нам определить предельную зв. величину. Пределом обнаружения считалась средняя зв. величина объектов с отношением “сигнал-шум”  $S/N=2$ . Тогда предельными зв. величинами будут 28.0, 27.5, 27.0 и 26.0 в  $B$ ,  $V$ ,  $R_c$  и  $I_c$  фильтрах соответственно.

## 2.6. Фотометрия

Все наблюдения велись с использованием фильтров, которые в комбинации с квантовой чувствительностью ПЗС матрицы реализовывали фотометрическую систему, близкую к стандартной Джонсон-Крон-Коузинс [4].

Инструментальные величины объекта измерялись следующим образом:

$$m_{aper} = -2.5 \cdot \log\left(\frac{F}{T_{exp}}\right) - \frac{k}{\cos(Z)}, \quad (1)$$

<sup>2</sup> FWHM - полная ширина на половине максимума звездообразного профиля

где  $F$  - поток от объекта (в отсчетах) в заданной апертуре,  $T_{exp}$  - время экспозиции (в секундах),  $k$  - коэффициент атмосферной экстинкции и  $Z$  - зенитное расстояние (в градусах). Коэффициенты атмосферной экстинкции были взяты из работы Неизвестного (1983) [1] и составили соответственно  $k_B = 0.34$ ,  $k_V = 0.21$ ,  $k_{R_c} = 0.15$  и  $k_{I_c} = 0.1$  звездной величины. В случае звездообразных объектов для вычисления инструментальной величины использовалась так называемая поправка за конечную апертуру. Тогда выражение для полной величины записывается как

$$m = m_{aper} - \delta m,$$

где  $m_{aper}$  - зв. величина, определяемая выражением (1) и  $\delta m$  - поправка за конечную апертуру, определяемая из измерений кривых роста для ярких звездообразных объектов в поле.

Для определения ошибок измерения зв. величин вычислялось отношение “сигнал/шум”:

$$\frac{S}{N} = \frac{F}{\sqrt{F/g + A \cdot \sigma^2}},$$

где  $F$  - поток от объекта (в отсчетах) в заданной апертуре,  $g$  - квант преобразования (в электронах/отсчет),  $A$  - количество элементов в апертуре и  $\sigma^2$  - дисперсия фона (в отсчетах).

Затем вычисляется ошибка:

$$\sigma_m = \frac{2.5}{\ln 10} \cdot \frac{\sigma_F}{F} = \frac{2.5}{\ln 10} \cdot \frac{1}{S/N}$$

Фотометрическая калибровка производилась с помощью стандартных звезд из каталогов Ландольта (Landolt, 1992) [11] и

Стетсона[14]. Для перехода от инструментальных величин к стандартным использовались следующие соотношения:

$$\begin{aligned} B - b &= C_0^B + C_1^B \cdot (b - v) \\ V - v &= C_0^V + C_1^V \cdot (b - v) \\ R_c - r &= C_0^{R_c} + C_1^{R_c} \cdot (v - r) \\ I_c - i &= C_0^{I_c} + C_1^{I_c} \cdot (r - i), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $C_0^{B,V,R_c,I_c}$ ,  $C_1^{B,V,R_c,I_c}$  - нуль-пункты и цветовые коэффициенты,  $b, v, r, i$  - инструментальные величины и  $B, V, R_c, I_c$  - величины в стандартной фотометрической системе. Нуль-пункты и цветовые коэффициенты определяются из наблюдений и фотометрии стандартных звезд, а затем линейной аппроксимацией системы уравнений (2). Типичные ошибки составили соответственно 0.01 – 0.02 зв. величины для нуль-пунктов ( $C_0$ ) и 0.01 – 0.05 для цветовых коэффициентов ( $C_1$ ).

### 3. ОЦЕНКА ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ КРАСНЫХ СМЕЩЕНИЙ

#### 3.1. Методика

Для галактик поля был применен метод оценки фотометрических красных смещений, реализованный в программном пакете HyperZ [8]. В данной работе поставлена цель оценить красные смещения для всех протяженных объектов, обнаруженных в поле родительской галактики GRB 021004.

Определение спектроскопических красных смещений для сотен слабых объектов в глубоких полях достаточно сложная и трудоемкая задача, требующая больших затрат наблюдательного времени. Но для многих задач вполне приемлемыми оказываются оценки фотометрических красных смещений, которые делаются по результатам многоцветной фотометрии. Точность таких оценок около 10%, но этого часто вполне достаточно для статистических исследований свойств далеких объектов. Многоцветная фотометрия может рассматриваться как спектр очень низкого разрешения, который можно использовать для оценок  $z$ . Иногда такие оценки носят предварительный характер, особенно для слабых объектов, перед проведением более сложных наблюдений на спектрографе.

### 3.2. Настройка пакета *HyperZ*

В качестве входных данных в пакете *HyperZ* используются  $BVR_cI_c$  величины и их ошибки для протяженных объектов в поле, поглощение в нашей Галактике, спектральное распределение энергии галактик различных типов, параметры космологической модели, различные законы экстинкции в галактиках. Поглощение в нашей Галактике было взято равным  $E(B - V) = 0.025$  согласно картам пыли из работы [12]. В качестве модельных спектральных распределений энергии были приняты библиотеки модельных спектров

(шаблоны, шаблонные спектры), предоставляемые пакетом *HyperZ*. Модели отличаются типом истории звездообразования. Это либо постоянный темп, либо экспоненциальное падение или начальная вспышка звездообразования в виде дельта-функции.

Для законов экстинкции были выбраны варианты, представленные в пакете *HyperZ*. Это такой же закон, как и для нашей Галактики, законы для Большого и Малого Магелановых Облаков и закон экстинкции для галактик со звездообразованием. Эти законы отличаются наклоном кривых в дальнем ультрафиолете и, главное, наличием или отсутствием полосы поглощения графита на  $2200\text{\AA}$ .

Диапазон поглощения задавался одинаковым и составлял  $A_V = 0.0 - 3.0$  зв. величин с шагом 0.3. Красное смещение было зафиксировано в диапазоне  $z = 0.0 - 5.0$  с шагом 0.1. Использована космологическая модель с  $H_0 = 70 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ ,  $\Omega_M = 0.3$  и  $\Omega_\Lambda = 0.7$ .

Выбор закона поглощения существенно влияет на результаты, то есть важно учитывать особенности законов экстинкции для оценки фотометрических красных смещений. Далее были отобраны объекты, для которых вероятность иметь вычисленное красное смещение больше или равна 0.9. Окончательный каталог содержит 183 объекта в диапазоне красных смещений от 0.05 до 3.8.

В результате работы пакета *HyperZ* для каждого из объектов помимо оценки красного смещения могут быть найдены и другие па-



раметры. Например, спектральный тип галактики — он основан на подобию распределения энергии в спектре объекта одному из теоретических шаблонных спектров.

На Рис. 8 приведена гистограмма распределения объектов по  $z$ . На Рис. 7 приведены диаграммы "Фотометрическое красное смещение - звездная величина". В этой работе использован закон поглощения Seaton (MW). Он дал хорошее согласие фотометрической оценки красного смещения родительской галактики со спектроскопическим  $z$  (см. ниже), хотя более корректный анализ предполагает отдельное исследование каждого закона поглощения и сравнения с выборками галактик с измеренными красными смещениями.

В завершении в работе построена диаграмма Хаббла для родительских галактик с известными красными смещениями. Для сравнения её с такой же диаграммой для галактик поля снова использовались результаты массовой фотометрии галактик в БТА-поле гамма-всплеска GRB 021004. Для галактик поля был применён метод оценки фотометрических красных смещений, реализованный в программном пакете HyperZ [7].

### 3.3. Наблюдаемые параметры родительской галактики GRB 021004

$BVR_cI_c$  фотометрические наблюдения родительской галактики GRB 021004 были проведены на БТА [3],[13] по программе опти-

ческого отождествления гамма-всплесков в CAO РАН. В этом разделе приведены значения величин родительской галактики гамма-всплеска GRB021004, определенные методами, описанными выше.

На Рис. 2 (прямой снимок в В) для фильтра В среди 311 профотометрированных таким образом объектов показано положение родительской галактики. Соответствующие значения наблюдаемых звездных величин в каждом фильтре:  $B=24.434(+/-0.132)$ ,  $V=24.006(+/-0.099)$ ,  $R=24.174(+/-0.154)$ ,  $I=23.437(+/-0.170)$ . Они полностью соответствуют оценкам, сделанным в [3], [13].

Фотометрическое красное смещение оказалось близким спектроскопическому:  $z_{phot} = 2.215$  ([9],  $z_{sp} = 2.329$ ) Определение красного смещения с помощью HyperZ-шаблонов соответствует подгонке теоретического, шаблонного спектра галактики сп. типа E, с наблюдаемым широкополосным BVRI спектром при  $\chi^2_{square} = 0.003$  (Probability: 99.980). Эта подгонка соответствует закону внутреннего поглощения Seaton (MW) с углеродной особенностью на  $\sim 2200\text{\AA}$ . (Гладкие законы поглощения дают большее значение  $\chi^2_{square}$  и меньшую вероятность.)

Из наблюдаемых величин видно, что родительская галактика по всем своим Параметрам такая же, как и все обычные галактики со звездообразованием.

Таблица 1. Глубокие поля БТА

| $\gamma$ -всплеск | Дата      | Фильтры | PSF FWHM | $T_{exp}$ ,сек                |
|-------------------|-----------|---------|----------|-------------------------------|
| GRB970508         | Авг 1998  | BVRI    | 1".3     | 600x7, 500x4, 600x5, 400x5    |
| GRB971214         | Июль 1998 | VR      | 1".2     | 600x1, 600x1                  |
| GRB980613         | Июль 1998 | BVR     | 1".3     | 700x1, 600x1, 600x3           |
| GRB980703         | Июль 1998 | BVRI    | 1".3     | 480x1, 320x1, 300x1, 360x1    |
| GRB990123         | Июль 1998 | BVRI    | 1".5     | 600x1, 600x1, 600x1, 600x1    |
| GRB991208         | Март 2000 | BVRI    | 2".1     | 300x6, 300x5, 180x7, 180x2    |
| GRB000926         | Июль 2001 | BVRI    | 1".3     | 500x5, 300x5, 180x25, 120x15  |
| GRB021004         | Дек 2002  | BVRI    | 1".5     | 600x6, 450x13, 180x15, 120x14 |

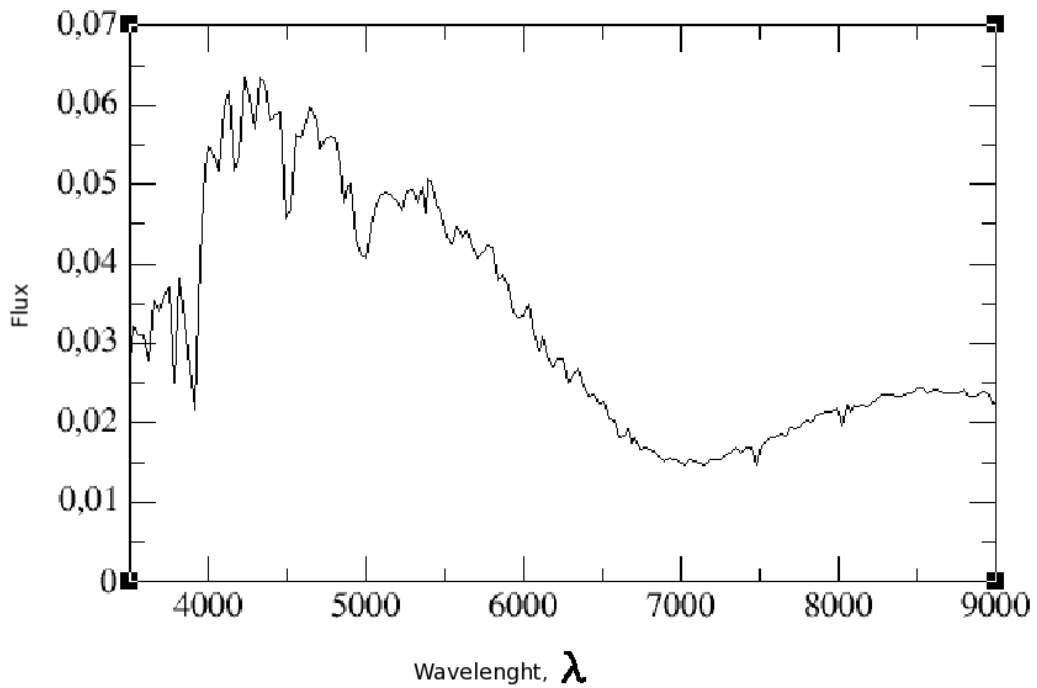
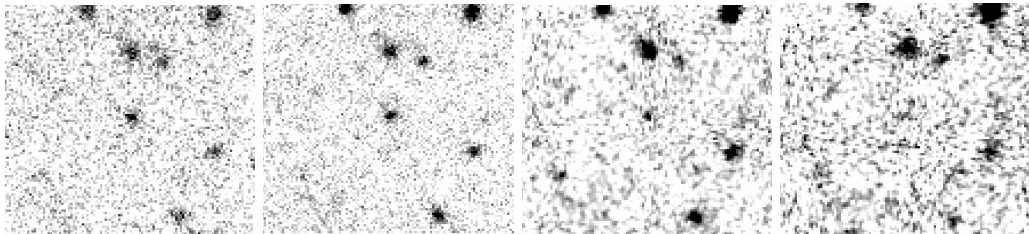


Рис. 1. Прямые изображения родительской галактики в четырех фильтрах и подобранный шаблонный спектр

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ

### 4.1. Каталог обнаруженных объектов

Окончательный каталог содержит объекты: 183 галактики и 22 звезды (рис 2 и таблицы 2-5). Для галактик определены красные смещения, координаты на кадре, мировые координаты, звёздные величины и их ошибки в четырёх фильтрах, эллиптичности, элонгации, классы звездообразности, большие и малые полуоси вписанных эллипсов и соответствующие позиционные углы. В таблицах 2-5 приведены некоторые из перечисленных параметров.

### 4.2. Наблюдаемые соотношения для слабых галактик

Были построены цветовые диаграммы (B-V от V-R, V-R от R-I), зависимости показателей цвета от звездных величин, дифференциальные и интегральные подсчеты галактик (см. рисунки 3-6).

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование глубокого поля размером 4.05 x 4.16 угл. минуты родительской галактики гамма-всплеска GRB 021004 по данным BVRI наблюдений на телескопе БТА с прибором SCORPIO, которые были получены в ходе выполнения программы отождествления гамма-всплесков.

В каталог галактик, обнаруженных в поле, включено 183 объекта с соотношением сигнал/шум больше 3 в каждом фильтре, что соответствует следующим значениям звездных величин: 26.0 (B), 25.5 (V), 25.0 (R), 24.5 (I).

Проведены дифференциальные и интегральные подсчеты обнаруженных объектов во всех 4 фильтрах до предела, соответствующего  $S/N > 3$  (311 объектов): 28.5 (B), 28 (V), 27 (R), 26.5 (I). Время экспозиции 2600 сек. (B), 3600 сек. (V), 2700 сек. (R), и 1800 сек. (I).

Построены цветовые диаграммы для всех галактик поля ( $S/N > 3$ ) и звездообразных объектов в нем (таких 23).

Определены фотометрические красные смещения галактик поля до  $z \approx 4$ , использовался закон экстинкции - Seaton(MW).

Определены более точные значения величины родительской галактики гамма-всплеска GRB021004:  $B=24.434(+/-0.132)$ ,  $V=24.006(+/-0.099)$ ,  $R=24.174(+/-0.154)$ ,  $I=23.437(+/-0.170)$ . Фотометрическое красное смещение оказалось близким спектроскопическому:  $z_{phot} = 2.215$  ( $z_{sp} = 2.329$ );  $\chi^2: 0.003$ , Probability: 99.980, Type: E, закон внутреннего поглощения Seaton (MW) с углеродной особенностью на  $\sim 2200\text{\AA}$ .

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Васильеву Андрею Александровичу за полезные об-

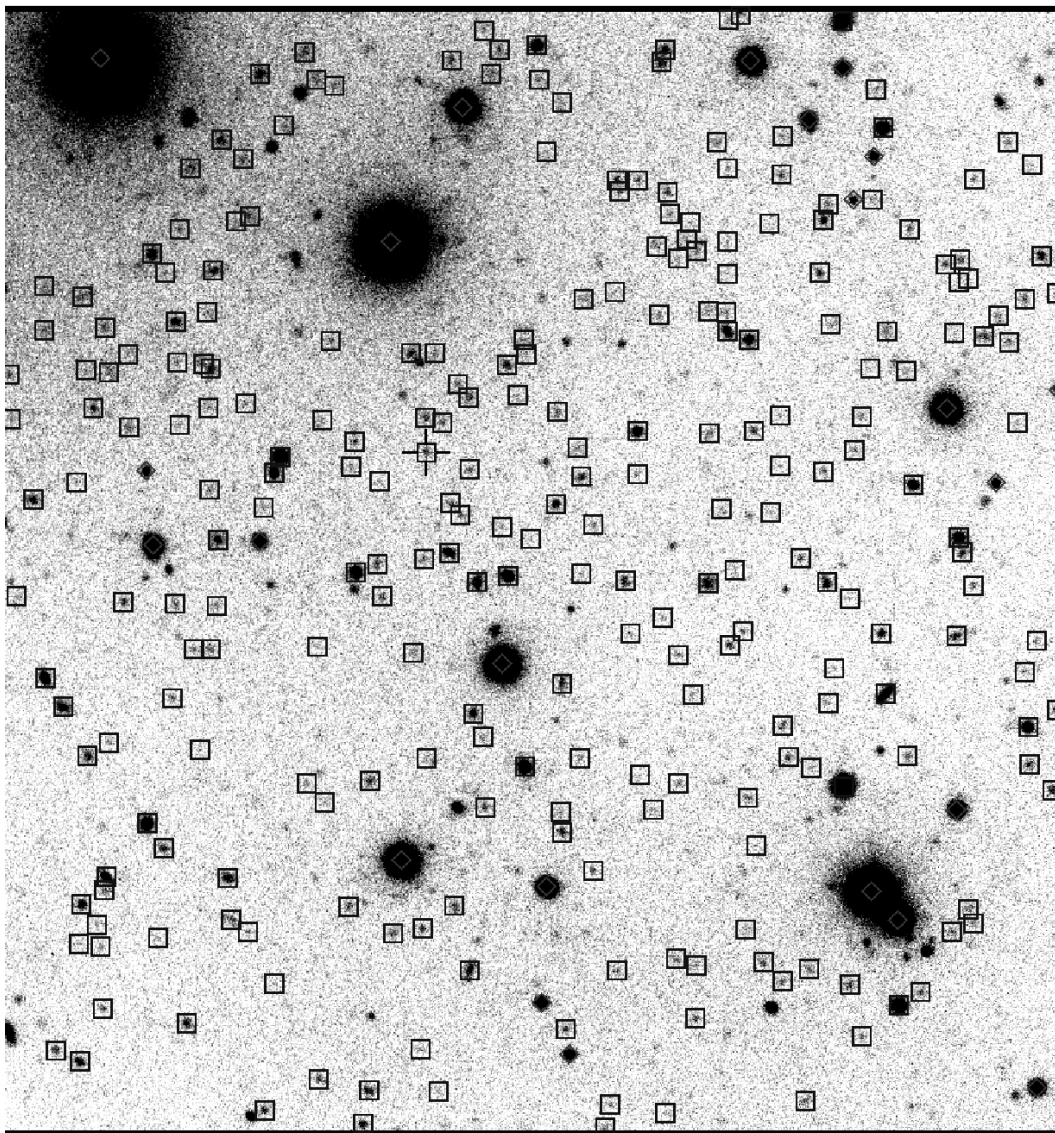


Рис. 2. Обнаруженные в четырех фильтрах объекты. Крестиком выделена родительская галактика

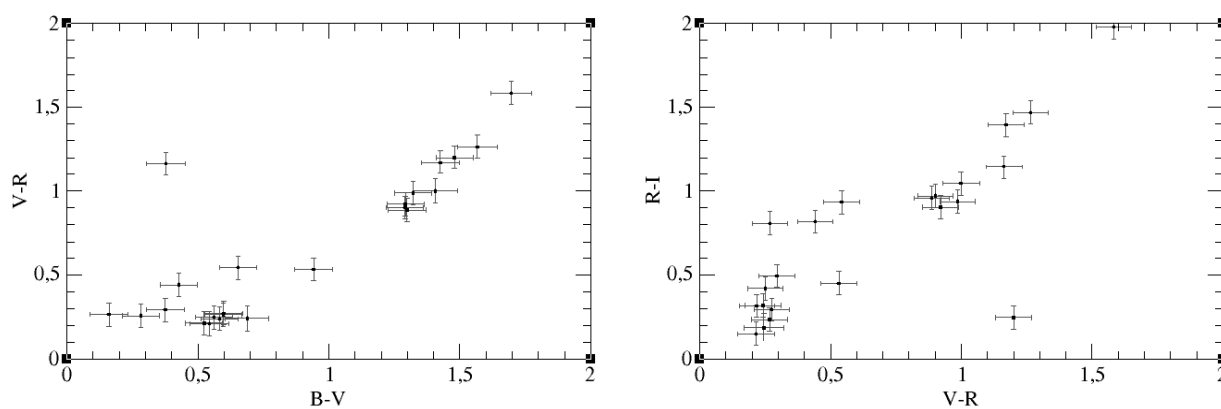


Рис. 3. Цветовые диаграммы для обнаруженных объектов

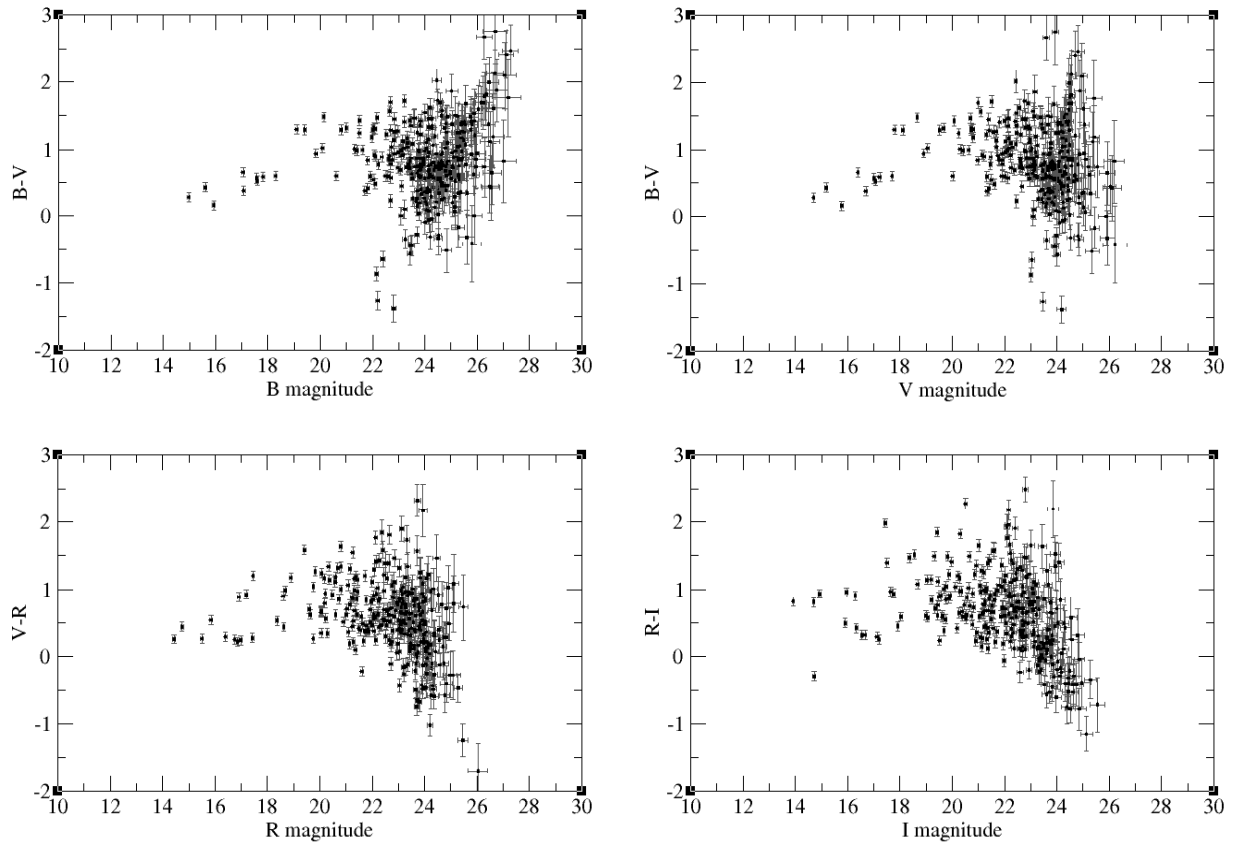


Рис. 4. Зависимости цвет-величина для обнаруженных объектов

суждения и советы, Комаровой Виктории Николаевне за поддержку и методическую помощь в обработке данных и наблюдениях.

Эта работа была поддержана грантом РНП 2.1.1.3483 Федерального агентства образования

РФ.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Неизвестный, С.И.  
АТМОСФЕРНАЯ ЭКСТИНКЦИЯ в САО и СССР - 1976-1980  
*Известия САО*, **17**, 26, (1983)
2. Т. А. Фатхуллин, А. А. Васильев, В. П. Решетников. ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЛАБЫХ ГАЛАКТИК в ПОЛЕ ГАММА-ВСПЛЕСКА GRB 000926  
Письма в *Астрофизический Журнал*, **30**, 323, 2004
3. Фатхуллин Т. А.  
ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ И СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОДИТЕЛЬСКИХ ГАЛАКТИК КОСМИЧЕСКИХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ  
(Диссертация на соискание научной степени кандидата физ.-мат.наук)

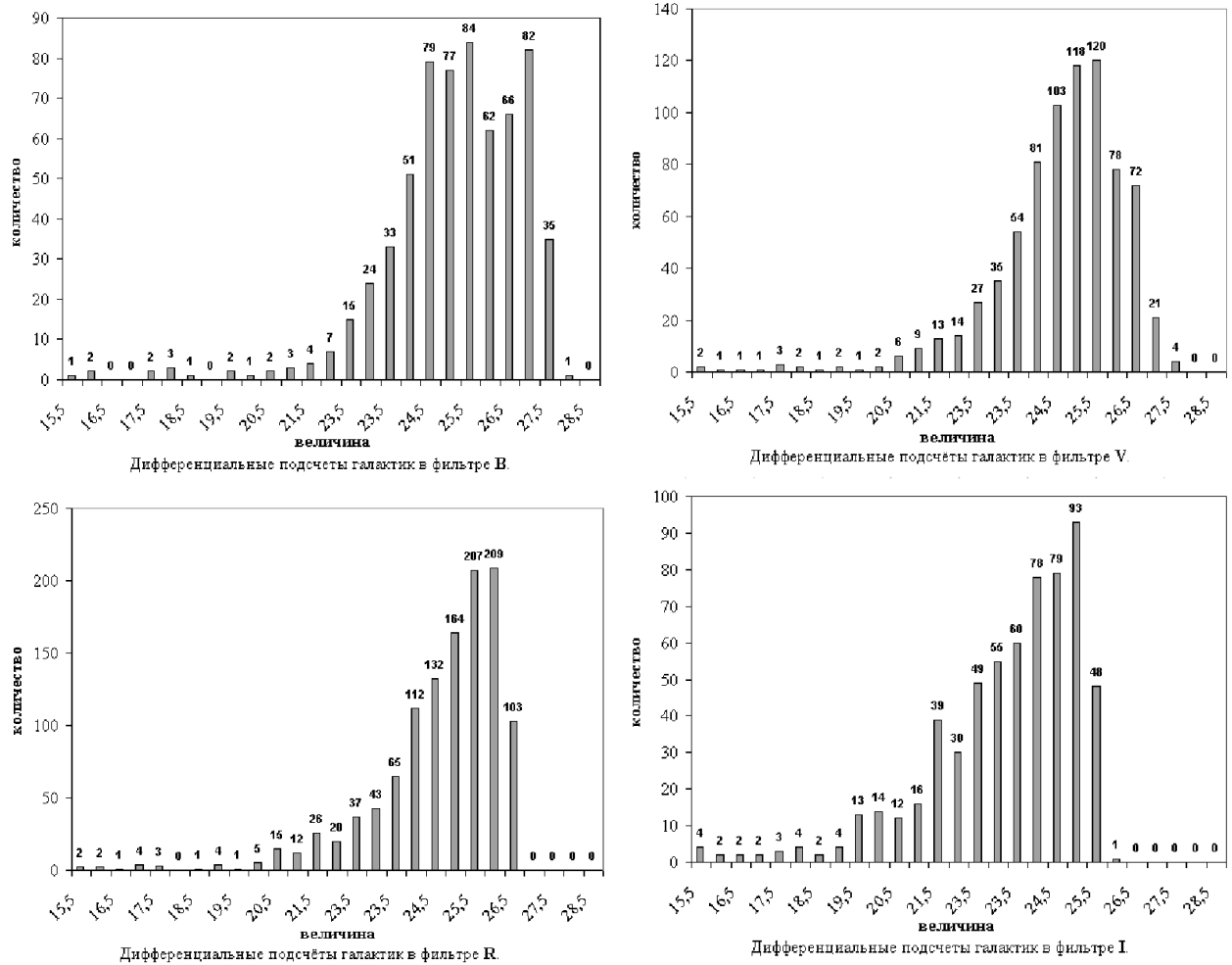


Рис. 5. Дифференциальные подсчеты галактик в четырех фильтрах

УДК 524.7-732:520.8

4. Bessell, M.S.

UBVRI PASSBANDS

*PASP*, **102**, 1181, (1990)

5. E. Bertin and S. Arnouts, *Astronomy and Astrophysics*, **117**, 393, 1996

6. . Bertin E. and Arnouts S.

SEXTRACTOR: SOFTWARE FOR SOURCE EXTRACTION

*Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **117**. 393 (1996)

7. Bolzonella et. al. 2000

8. Bolzonella, M.; Miralles, J.-M.; Pelló, R.

PHOTOMETRIC REDSHIFTS BASED ON STANDARD

SED FITTING PROCEDURES

*Astronomy and Astrophysics*, v.363, p.476-492 (2000)

9. Fynbo, J.P.U.; Gorosabel, J.; Smette, A.; Fruchter, A.; Hjorth, J.; Pedersen, K.; Levan, A.; Burud, I.; Sahu, K.; Vreeswijk, P.M.; Bergeron, E.; Kouveliotou, C.; Tanvir, N.; Thorsett, S.E.; Wijers, R.A.M.J.; Castro Cerón, J.M.; Castro-Tirado, A.; Garnavich, P.; Holland, S.T.; Jakobsson, P.; Møller, P.; Nugent, P.; Pian, E.; Rhoads, J.; Thomsen, B.; Watson, D. & Woosley, S.

ON THE AFTERGLOW AND HOST GALAXY OF

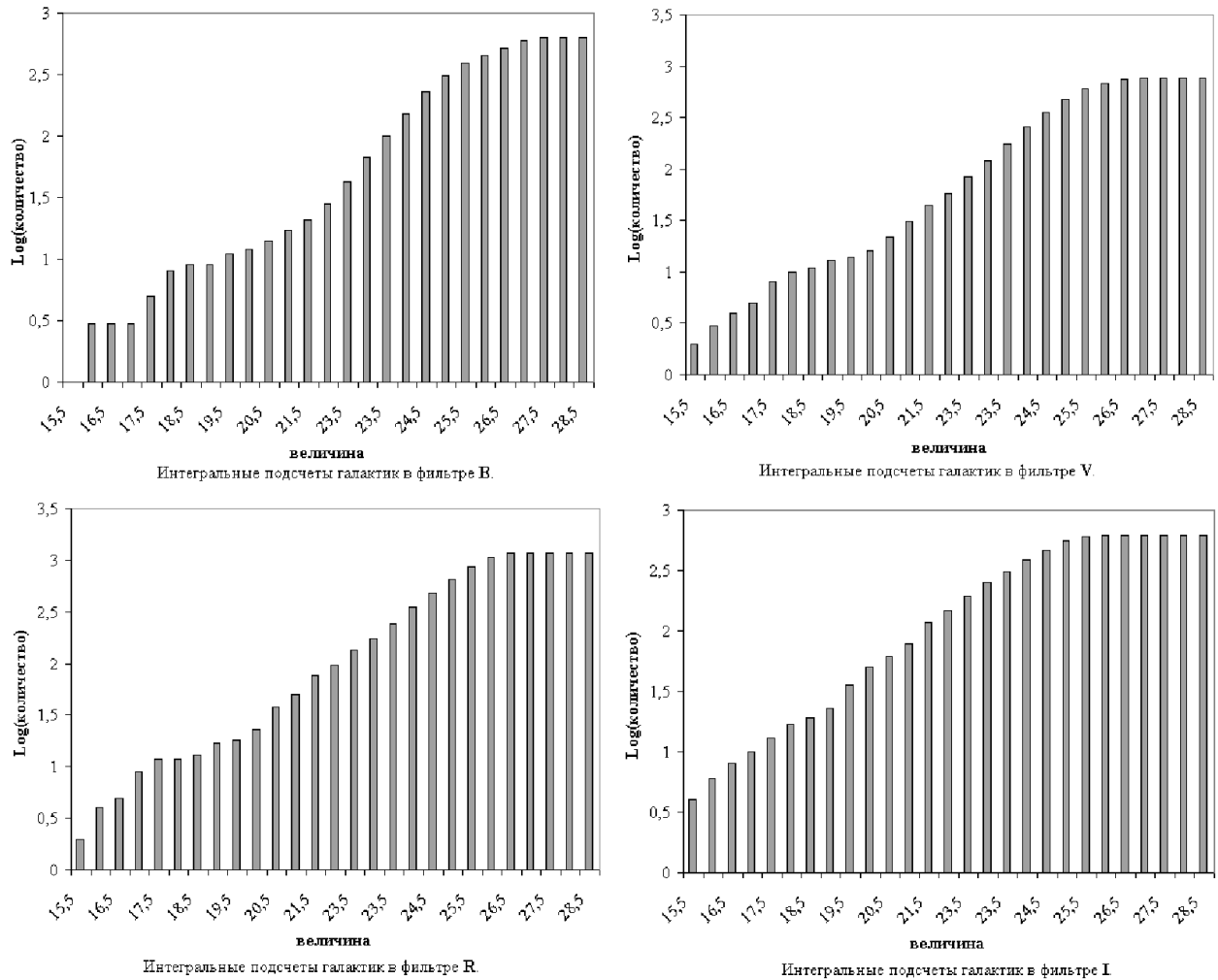
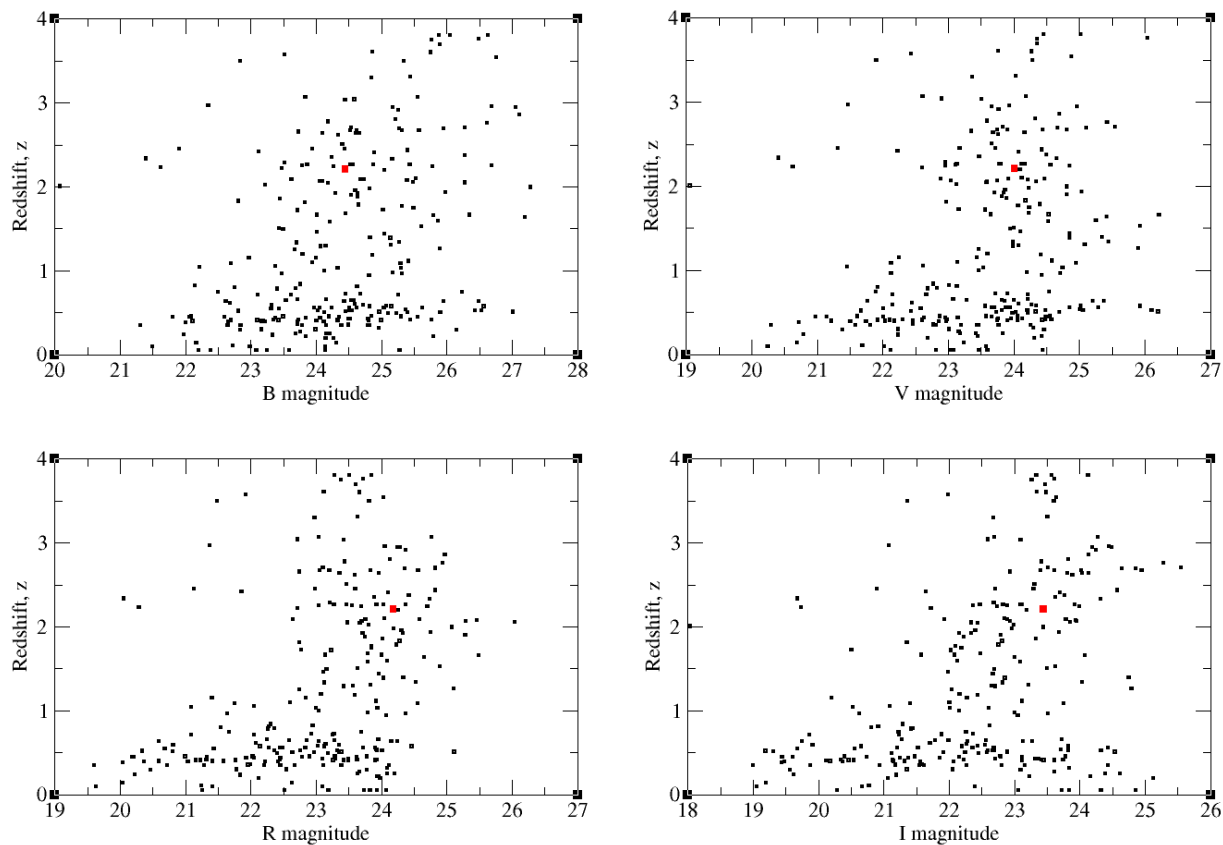


Рис. 6. Интегральные подсчеты галактик в четырех фильтрах

- GRB 021004: A COMPREHENSIVE STUDY WITH THE HUBBLE SPACE TELESCOPE  
*Astrophys. J.*, **633**, 317, (2005)
10. Kron R. G.  
PHOTOMETRY OF A COMPLETE SAMPLE OF FAINT GALAXIES  
*Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **43**, 305 (1980)
11. Landolt, A.U.  
UBVRI PHOTOMETRIC STANDARD STARS IN THE MAGNITUDE RANGE 11.5-16.0 AROUND THE CELESTIAL EQUATOR  
*Astron. J.*, **104**, 340-371, 436-491, (1992)
12. Schlegel, David J.; Finkbeiner, Douglas P.; Davis, Marc  
MAPS OF DUST INFRARED EMISSION FOR USE IN ESTIMATION OF REDDENING AND COSMIC MICROWAVE BACKGROUND RADIATION FOREGROUNDS  
*Astrophysical Journal* v.500, p.525 (1998)
13. Sokolov, V.V; Fatkhullin, T.A.; Komarova, V.N.; Moiseev, A.V.  
GRB021004, LATE TIME OPTICAL OBSERVATIONS  
GCN #1717 <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/1717.gcn3>
14. <http://cadwww.dao.nrc.ca/cadcbn/wdb/astrocat/stetson/>
15. SCORPIO: Spectral Camera with



**Рис. 7.** Диаграммы "красное смещение - звездная величина" для обнаруженных объектов

Optical Reducer for Photometrical  
and Interferometrical Observations  
<http://www.sao.ru/~moisav/scorpio/scorpio.html>

Image and Catalogue Archive Service  
(<http://www.nofs.navy.mil/data/FchPix/>)

16. USNO Flagstaff station: Integrated



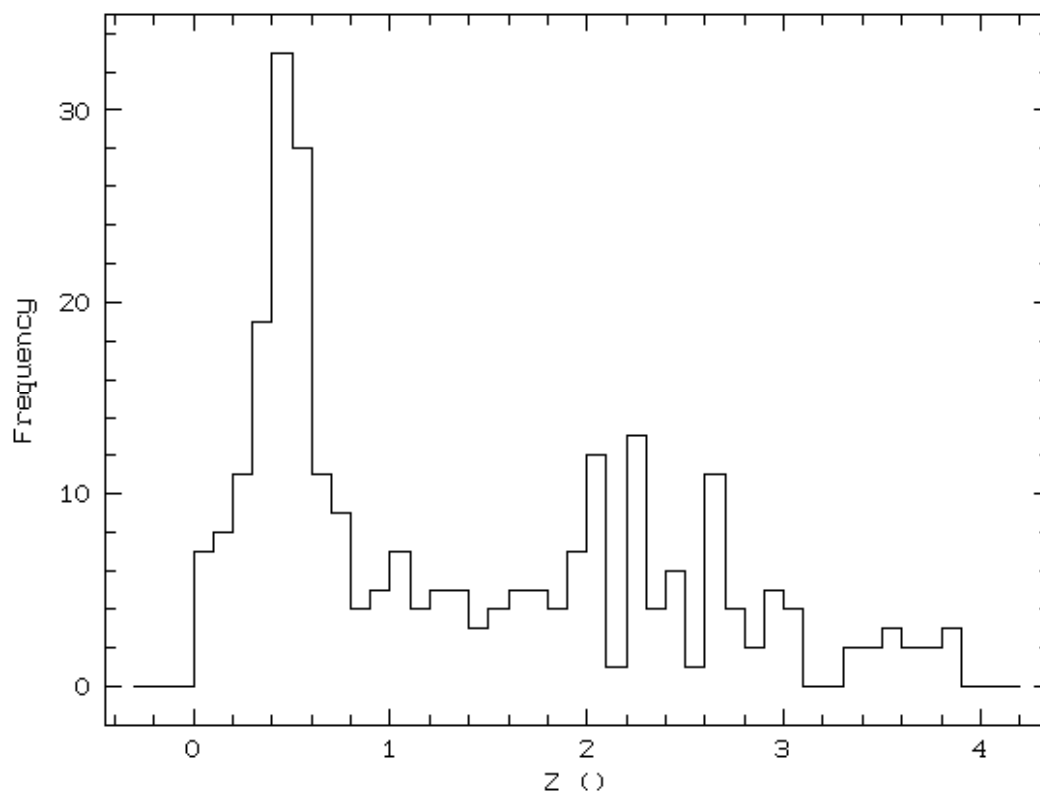


Рис. 8. Гистограмма  $z$

| #  | RA        | Dec        | R mag  | Error | A     | B     | $\Theta$ | Ellipticity | Z     | %       | Type  |
|----|-----------|------------|--------|-------|-------|-------|----------|-------------|-------|---------|-------|
| 4  | 6.7513942 | 18.9673156 | 22.982 | 0.065 | 2.077 | 2.017 | -19.27   | 0.029       | 2.455 | 99.990  | Burst |
| 6  | 6.7569324 | 18.9637779 | 22.449 | 0.057 | 2.429 | 2.077 | -46.64   | 0.145       | 0.420 | 95.520  | Burst |
| 7  | 6.7690351 | 18.9535352 | 23.902 | 0.130 | 2.171 | 1.303 | 49.06    | 0.400       | 0.410 | 99.930  | Sb    |
| 8  | 6.7287482 | 18.8897327 | 19.602 | 0.048 | 4.553 | 3.624 | 29.35    | 0.204       | 0.350 | 99.440  | E     |
| 10 | 6.7357566 | 18.8931875 | 20.191 | 0.048 | 3.702 | 3.484 | 3.76     | 0.059       | 0.450 | 98.920  | Burst |
| 12 | 6.7061027 | 18.9187270 | 23.850 | 0.096 | 1.724 | 1.562 | -37.67   | 0.094       | 1.750 | 99.800  | Burst |
| 15 | 6.7336192 | 18.8915674 | 23.954 | 0.101 | 1.628 | 1.547 | 7.16     | 0.050       | 0.655 | 100.000 | Im    |
| 16 | 6.7311820 | 18.8979110 | 24.012 | 0.102 | 1.879 | 1.260 | 52.26    | 0.330       | 0.530 | 99.970  | Burst |
| 17 | 6.7425961 | 18.8885127 | 22.930 | 0.082 | 2.668 | 1.861 | -88.43   | 0.303       | 0.725 | 98.500  | Burst |
| 18 | 6.7024788 | 18.9172453 | 22.077 | 0.054 | 2.635 | 2.464 | 31.56    | 0.065       | 0.615 | 99.970  | E     |
| 20 | 6.7282291 | 18.9010007 | 23.277 | 0.079 | 2.503 | 1.779 | 52.79    | 0.289       | 0.725 | 99.830  | E     |
| 21 | 6.7055368 | 18.9151454 | 23.114 | 0.076 | 2.483 | 2.093 | -17.57   | 0.157       | 1.460 | 98.870  | Burst |
| 27 | 6.7366199 | 18.8992503 | 23.439 | 0.078 | 2.118 | 1.452 | -87.19   | 0.315       | 2.775 | 99.820  | Sd    |
| 29 | 6.7371365 | 18.9001780 | 21.933 | 0.053 | 2.723 | 2.447 | 48.22    | 0.101       | 0.435 | 96.280  | Burst |
| 30 | 6.7418456 | 18.8969388 | 23.494 | 0.112 | 2.220 | 1.719 | 20.11    | 0.226       | 0.405 | 99.780  | Burst |
| 31 | 6.7261123 | 18.9062088 | 21.960 | 0.055 | 2.498 | 2.307 | -26.04   | 0.076       | 0.355 | 98.190  | Burst |
| 32 | 6.7251349 | 18.9071259 | 23.233 | 0.093 | 2.508 | 1.875 | -30.05   | 0.253       | 1.720 | 99.920  | Burst |
| 33 | 6.7292699 | 18.9064962 | 24.263 | 0.114 | 1.472 | 1.303 | 59.90    | 0.115       | 2.195 | 94.430  | Burst |
| 34 | 6.7312920 | 18.9070180 | 23.100 | 0.070 | 2.320 | 1.569 | -42.97   | 0.324       | 0.430 | 99.940  | Burst |
| 35 | 6.7323410 | 18.9071068 | 21.086 | 0.050 | 5.466 | 2.463 | -12.78   | 0.549       | 0.715 | 90.680  | Burst |
| 37 | 6.7334381 | 18.9053957 | 24.043 | 0.105 | 1.739 | 1.406 | -2.71    | 0.192       | 2.095 | 87.200  | Burst |
| 38 | 6.7301424 | 18.9086318 | 22.980 | 0.074 | 2.695 | 2.272 | 80.49    | 0.157       | 3.300 | 99.990  | Burst |
| 39 | 6.7055591 | 18.9306061 | 20.337 | 0.049 | 4.999 | 3.596 | 35.40    | 0.281       | 0.520 | 94.570  | E     |
| 40 | 6.7452603 | 18.8970867 | 23.673 | 0.125 | 2.008 | 1.888 | -33.24   | 0.060       | 2.045 | 98.080  | Burst |
| 41 | 6.7094162 | 18.9287798 | 20.816 | 0.049 | 4.922 | 2.445 | 39.95    | 0.503       | 0.595 | 94.970  | Burst |
| 42 | 6.7458050 | 18.8962622 | 23.077 | 0.100 | 2.590 | 1.733 | -22.66   | 0.331       | 1.200 | 99.940  | S0    |
| 43 | 6.7058092 | 18.9282392 | 22.277 | 0.057 | 2.994 | 2.168 | -45.99   | 0.276       | 0.555 | 99.880  | Burst |
| 44 | 6.7394420 | 18.9029221 | 22.607 | 0.066 | 2.427 | 1.662 | -75.29   | 0.315       | 1.095 | 99.980  | E     |
| 48 | 6.7148027 | 18.9039917 | 20.999 | 0.049 | 3.372 | 2.312 | 38.00    | 0.314       | 0.455 | 99.500  | Burst |
| 51 | 6.7213398 | 18.8987454 | 22.053 | 0.052 | 2.541 | 2.317 | -37.56   | 0.088       | 0.710 | 99.920  | Im    |
| 54 | 6.7357035 | 18.9095458 | 23.751 | 0.105 | 2.608 | 1.177 | -38.20   | 0.549       | 1.880 | 93.270  | Burst |
| 58 | 6.7099749 | 18.9329219 | 20.688 | 0.049 | 3.152 | 2.578 | 44.84    | 0.182       | 0.550 | 98.720  | Burst |
| 59 | 6.7335179 | 18.9118569 | 24.070 | 0.100 | 1.466 | 1.173 | -48.54   | 0.200       | 0.945 | 99.930  | Burst |
| 60 | 6.7376701 | 18.9097209 | 21.040 | 0.049 | 3.455 | 2.344 | -63.99   | 0.321       | 0.395 | 99.620  | Sa    |
| 61 | 6.7454978 | 18.9028604 | 23.038 | 0.076 | 3.301 | 1.889 | -49.71   | 0.428       | 2.255 | 97.310  | Burst |
| 62 | 6.7217604 | 18.8994724 | 21.408 | 0.050 | 3.790 | 2.736 | -65.25   | 0.278       | 1.150 | 99.930  | S0    |
| 63 | 6.7067053 | 18.9362001 | 24.231 | 0.127 | 1.585 | 1.556 | 6.20     | 0.018       | 1.785 | 99.090  | Burst |
| 64 | 6.7505419 | 18.8989599 | 21.840 | 0.053 | 3.196 | 2.428 | 45.59    | 0.240       | 0.235 | 93.710  | E     |
| 69 | 6.7391198 | 18.9092049 | 21.157 | 0.050 | 3.426 | 2.850 | -48.73   | 0.168       | 0.410 | 99.380  | Sa    |
| 75 | 6.7230615 | 18.9243530 | 21.227 | 0.049 | 2.826 | 2.562 | -34.01   | 0.093       | 0.410 | 99.950  | E     |
| 78 | 6.7133037 | 18.9337768 | 22.055 | 0.055 | 4.627 | 2.348 | -63.39   | 0.492       | 0.435 | 96.490  | Burst |
| 79 | 6.7138983 | 18.9336618 | 22.048 | 0.052 | 2.492 | 1.988 | -46.21   | 0.202       | 1.050 | 99.630  | Burst |
| 81 | 6.7283115 | 18.9207835 | 21.437 | 0.050 | 2.714 | 2.082 | -51.35   | 0.233       | 0.550 | 99.070  | E     |
| 82 | 6.7119154 | 18.9348154 | 24.368 | 0.121 | 1.741 | 1.073 | -50.70   | 0.384       | 0.970 | 99.960  | S0    |
| 84 | 6.7268226 | 18.9237995 | 22.847 | 0.065 | 2.431 | 1.776 | -53.73   | 0.269       | 1.155 | 99.900  | Burst |
| 86 | 6.7280011 | 18.9240078 | 22.251 | 0.056 | 2.658 | 2.140 | -23.10   | 0.195       | 0.660 | 99.550  | Sc    |
| 88 | 6.7042242 | 18.9426016 | 23.813 | 0.117 | 2.020 | 1.433 | -82.58   | 0.291       | 3.495 | 96.700  | Burst |
| 90 | 6.7172032 | 18.9338649 | 23.955 | 0.102 | 1.801 | 1.482 | -23.89   | 0.177       | 0.215 | 99.230  | Burst |

Таблица 2. Каталог объектов, часть 1

| #   | RA        | Dec        | R mag  | Error | A     | B     | $\Theta$ | Ellipticity | Z     | %       | Type  |
|-----|-----------|------------|--------|-------|-------|-------|----------|-------------|-------|---------|-------|
| 92  | 6.7330470 | 18.9209324 | 23.714 | 0.115 | 2.223 | 1.170 | 1.64     | 0.474       | 1.925 | 98.830  | Burst |
| 94  | 6.7267878 | 18.9268011 | 22.746 | 0.073 | 2.874 | 1.953 | -77.94   | 0.321       | 1.255 | 99.590  | Burst |
| 95  | 6.7278274 | 18.9263300 | 23.795 | 0.143 | 1.660 | 1.236 | -55.46   | 0.256       | 1.585 | 99.950  | Burst |
| 96  | 6.7063872 | 18.9446722 | 23.354 | 0.095 | 1.844 | 1.740 | -18.47   | 0.056       | 0.500 | 99.910  | E     |
| 98  | 6.7126000 | 18.9400384 | 23.148 | 0.105 | 2.301 | 1.877 | -45.06   | 0.184       | 0.605 | 99.800  | Im    |
| 100 | 6.7378932 | 18.9184430 | 21.249 | 0.050 | 3.041 | 2.554 | 30.97    | 0.160       | 0.105 | 99.950  | Burst |
| 101 | 6.7149644 | 18.9377266 | 24.755 | 0.159 | 2.062 | 0.819 | -55.35   | 0.603       | 1.930 | 99.360  | Burst |
| 102 | 6.7436320 | 18.9133905 | 22.967 | 0.095 | 2.417 | 1.977 | 57.70    | 0.182       | 0.500 | 99.980  | S0    |
| 104 | 6.7415506 | 18.9154723 | 23.001 | 0.075 | 2.151 | 1.976 | 19.49    | 0.081       | 1.030 | 100.000 | Burst |
| 106 | 6.7214662 | 18.9349512 | 20.290 | 0.048 | 3.587 | 3.363 | -32.56   | 0.063       | 2.230 | 99.250  | Burst |
| 107 | 6.7218867 | 18.9359942 | 21.334 | 0.050 | 2.852 | 2.724 | -9.52    | 0.045       | 0.450 | 99.980  | Im    |
| 110 | 6.7254046 | 18.9323878 | 24.553 | 0.129 | 1.306 | 1.185 | -3.71    | 0.092       | 1.090 | 99.960  | E     |
| 112 | 6.7314115 | 18.9274752 | 23.356 | 0.100 | 2.335 | 1.788 | 21.24    | 0.234       | 0.595 | 100.000 | Sc    |
| 113 | 6.7489911 | 18.9123715 | 22.853 | 0.070 | 2.715 | 2.155 | -52.13   | 0.206       | 0.645 | 100.000 | E     |
| 114 | 6.7372852 | 18.9230343 | 22.224 | 0.058 | 3.263 | 2.453 | 70.60    | 0.248       | 0.390 | 99.560  | Burst |
| 116 | 6.7540226 | 18.9091978 | 21.288 | 0.050 | 3.308 | 2.441 | 78.50    | 0.262       | 0.350 | 90.210  | E     |
| 117 | 6.7274964 | 18.9319061 | 24.463 | 0.142 | 1.761 | 1.341 | 54.14    | 0.238       | 0.575 | 99.000  | Burst |
| 118 | 6.7125589 | 18.9449319 | 25.115 | 0.188 | 1.336 | 0.746 | 16.83    | 0.442       | 0.510 | 100.000 | Burst |
| 120 | 6.7112376 | 18.9476321 | 22.030 | 0.059 | 3.300 | 2.313 | 50.36    | 0.299       | 0.455 | 99.740  | S0    |
| 121 | 6.7372927 | 18.9254377 | 21.767 | 0.051 | 2.658 | 2.189 | -24.78   | 0.177       | 0.410 | 95.920  | Sa    |
| 122 | 6.7230357 | 18.9381070 | 24.137 | 0.166 | 1.721 | 0.962 | 86.30    | 0.441       | 2.805 | 99.990  | Burst |
| 124 | 6.7330954 | 18.9300425 | 24.123 | 0.151 | 1.536 | 1.053 | -76.79   | 0.314       | 0.350 | 86.370  | Burst |
| 126 | 6.7587893 | 18.9097985 | 20.601 | 0.049 | 3.836 | 3.334 | 33.44    | 0.131       | 0.400 | 86.390  | Burst |
| 130 | 6.7222917 | 18.9416459 | 20.471 | 0.049 | 3.866 | 3.689 | -21.19   | 0.046       | 0.295 | 99.980  | E     |
| 132 | 6.7343068 | 18.9323693 | 21.758 | 0.052 | 3.137 | 1.919 | 59.43    | 0.388       | 1.085 | 98.950  | E     |
| 133 | 6.7377290 | 18.9281921 | 24.153 | 0.100 | 1.332 | 1.287 | -10.30   | 0.034       | 0.640 | 99.650  | Burst |
| 135 | 6.7333383 | 18.9337670 | 23.109 | 0.069 | 2.416 | 1.519 | 24.85    | 0.371       | 0.350 | 99.910  | S0    |
| 136 | 6.7312538 | 18.9360021 | 22.456 | 0.057 | 2.979 | 1.954 | -21.09   | 0.344       | 0.440 | 98.440  | E     |
| 137 | 6.7306339 | 18.9373340 | 20.209 | 0.048 | 3.677 | 3.230 | 36.52    | 0.122       | 0.445 | 98.650  | E     |
| 138 | 6.7382999 | 18.9309822 | 20.045 | 0.048 | 3.210 | 2.526 | 51.20    | 0.213       | 0.380 | 91.080  | Burst |
| 140 | 6.7370856 | 18.9325982 | 21.369 | 0.051 | 3.834 | 2.793 | -35.86   | 0.272       | 2.970 | 99.920  | Burst |
| 142 | 6.7485327 | 18.9227745 | 20.594 | 0.049 | 4.587 | 3.421 | 22.91    | 0.254       | 0.635 | 97.280  | Burst |
| 143 | 6.7443569 | 18.9262072 | 22.590 | 0.061 | 2.449 | 2.312 | -10.35   | 0.056       | 0.645 | 99.850  | S0    |
| 149 | 6.7418611 | 18.9277195 | 22.640 | 0.064 | 2.975 | 2.208 | -66.72   | 0.258       | 0.500 | 96.220  | Burst |
| 150 | 6.7330770 | 18.9373888 | 22.674 | 0.062 | 2.493 | 1.749 | 37.32    | 0.298       | 0.350 | 96.560  | Burst |
| 151 | 6.7543455 | 18.9176410 | 21.419 | 0.051 | 3.386 | 2.719 | -46.55   | 0.197       | 0.400 | 87.660  | Burst |
| 154 | 6.7231809 | 18.9465777 | 23.279 | 0.082 | 2.316 | 1.664 | -50.62   | 0.282       | 0.650 | 99.490  | E     |
| 155 | 6.7205488 | 18.9486985 | 21.158 | 0.049 | 2.837 | 2.675 | -32.09   | 0.057       | 0.405 | 99.650  | Burst |
| 160 | 6.7525150 | 18.9248278 | 23.262 | 0.088 | 2.001 | 1.508 | 44.36    | 0.247       | 0.410 | 92.240  | Burst |
| 162 | 6.7262278 | 18.9480101 | 23.390 | 0.096 | 2.556 | 1.541 | -18.54   | 0.397       | 0.510 | 99.980  | Burst |
| 163 | 6.7504344 | 18.9274951 | 23.031 | 0.078 | 2.284 | 1.739 | -34.22   | 0.239       | 0.585 | 100.000 | Burst |
| 164 | 6.7594479 | 18.9177523 | 22.361 | 0.056 | 2.469 | 1.848 | -0.08    | 0.251       | 0.790 | 99.990  | Burst |
| 165 | 6.7202390 | 18.9557674 | 21.090 | 0.050 | 3.802 | 2.299 | -47.04   | 0.395       | 1.040 | 99.790  | E     |
| 166 | 6.7683269 | 18.9134646 | 22.453 | 0.060 | 3.135 | 2.103 | 51.00    | 0.329       | 0.560 | 97.040  | E     |
| 167 | 6.7460564 | 18.9339038 | 21.861 | 0.055 | 4.577 | 2.252 | -37.72   | 0.508       | 2.415 | 89.890  | Burst |
| 168 | 6.7624998 | 18.9205217 | 20.229 | 0.048 | 5.429 | 2.674 | -3.17    | 0.508       | 0.240 | 99.590  | E     |
| 169 | 6.7274636 | 18.9512759 | 23.291 | 0.098 | 1.982 | 1.717 | 14.27    | 0.134       | 0.460 | 99.850  | Burst |
| 170 | 6.7632633 | 18.9146873 | 22.265 | 0.061 | 4.744 | 2.267 | 18.97    | 0.522       | 0.785 | 99.990  | Burst |

Таблица 3. Каталог объектов, часть 2

| #   | RA        | Dec        | R mag  | Error | A     | B     | $\Theta$ | Ellipticity | Z     | %       | Type  |
|-----|-----------|------------|--------|-------|-------|-------|----------|-------------|-------|---------|-------|
| 171 | 6.7525083 | 18.9236118 | 23.797 | 0.103 | 1.719 | 1.446 | 27.85    | 0.159       | 0.980 | 99.830  | Burst |
| 172 | 6.7225254 | 18.9563701 | 21.539 | 0.053 | 4.891 | 2.665 | 77.86    | 0.455       | 0.800 | 98.490  | E     |
| 175 | 6.7430550 | 18.9391190 | 20.728 | 0.049 | 3.182 | 3.089 | -19.42   | 0.029       | 0.350 | 98.320  | E     |
| 176 | 6.7717478 | 18.9140033 | 22.542 | 0.058 | 2.699 | 2.033 | -79.96   | 0.247       | 0.300 | 99.960  | S0    |
| 177 | 6.7710887 | 18.9160211 | 20.045 | 0.048 | 5.174 | 3.112 | 81.96    | 0.399       | 0.145 | 88.850  | Burst |
| 178 | 6.7589031 | 18.9264474 | 23.565 | 0.097 | 2.783 | 1.709 | -23.73   | 0.386       | 1.295 | 99.750  | E     |
| 179 | 6.7446613 | 18.9398396 | 24.373 | 0.129 | 1.752 | 1.250 | -21.71   | 0.286       | 2.265 | 95.530  | Sb    |
| 180 | 6.7264041 | 18.9561536 | 23.627 | 0.086 | 1.850 | 1.632 | 57.80    | 0.118       | 0.450 | 99.490  | Burst |
| 182 | 6.7259926 | 18.9576953 | 21.324 | 0.051 | 3.735 | 2.886 | -53.47   | 0.227       | 0.415 | 99.180  | Sb    |
| 183 | 6.7665266 | 18.9225650 | 23.425 | 0.078 | 1.863 | 1.733 | 6.12     | 0.070       | 3.035 | 99.180  | Burst |
| 184 | 6.7504314 | 18.9367025 | 23.250 | 0.073 | 2.036 | 1.678 | 34.36    | 0.176       | 0.710 | 99.830  | E     |
| 186 | 6.7729341 | 18.9177654 | 22.312 | 0.057 | 2.811 | 2.307 | -12.73   | 0.179       | 0.840 | 99.850  | Burst |
| 187 | 6.7428610 | 18.9433375 | 22.145 | 0.054 | 3.146 | 2.197 | -26.56   | 0.302       | 0.575 | 97.760  | E     |
| 188 | 6.7481237 | 18.9395324 | 19.631 | 0.048 | 4.419 | 3.544 | -59.63   | 0.198       | 0.100 | 89.820  | Burst |
| 189 | 6.7622995 | 18.9272361 | 24.744 | 0.161 | 1.605 | 1.169 | 38.40    | 0.272       | 2.330 | 99.980  | S0    |
| 190 | 6.7647690 | 18.9268173 | 18.623 | 0.048 | 4.689 | 4.309 | -6.05    | 0.081       | 2.005 | 99.990  | Burst |
| 191 | 6.7541836 | 18.9350243 | 24.942 | 0.155 | 1.227 | 0.938 | -34.79   | 0.235       | 2.760 | 94.010  | Sd    |
| 192 | 6.7564952 | 18.9337142 | 23.958 | 0.144 | 1.414 | 1.348 | -24.95   | 0.046       | 1.440 | 99.910  | Burst |
| 193 | 6.7381025 | 18.9496895 | 24.586 | 0.133 | 1.333 | 1.177 | -58.65   | 0.117       | 2.085 | 99.950  | E     |
| 194 | 6.7752579 | 18.9180312 | 22.204 | 0.055 | 2.536 | 1.979 | -19.45   | 0.220       | 0.350 | 99.750  | E     |
| 198 | 6.7564601 | 18.9360949 | 23.941 | 0.151 | 1.607 | 1.113 | -67.05   | 0.307       | 1.035 | 99.760  | E     |
| 199 | 6.7520206 | 18.9401844 | 23.593 | 0.089 | 2.627 | 1.381 | 10.56    | 0.474       | 1.190 | 99.680  | Sa    |
| 200 | 6.7321157 | 18.9584521 | 21.132 | 0.050 | 3.576 | 2.819 | -27.46   | 0.212       | 2.455 | 99.990  | E     |
| 202 | 6.7605864 | 18.9314421 | 23.600 | 0.094 | 2.861 | 1.424 | 65.14    | 0.502       | 2.450 | 100.000 | Burst |
| 205 | 6.7331715 | 18.9635145 | 23.048 | 0.071 | 2.313 | 2.155 | 41.70    | 0.068       | 0.995 | 99.970  | Burst |
| 206 | 6.7530430 | 18.9410513 | 21.999 | 0.056 | 2.762 | 2.264 | -62.94   | 0.180       | 0.360 | 99.470  | Burst |
| 207 | 6.7326850 | 18.9651619 | 21.780 | 0.051 | 2.432 | 2.290 | 36.43    | 0.058       | 0.300 | 98.730  | S0    |
| 208 | 6.7511606 | 18.9492483 | 21.261 | 0.050 | 2.786 | 2.548 | -24.11   | 0.085       | 0.050 | 99.980  | E     |
| 209 | 6.7459979 | 18.9538171 | 23.276 | 0.075 | 2.233 | 1.624 | -38.00   | 0.273       | 2.265 | 96.730  | Burst |
| 210 | 6.7386826 | 18.9576147 | 21.413 | 0.052 | 3.700 | 2.580 | 48.97    | 0.303       | 0.100 | 99.990  | Im    |
| 211 | 6.7408262 | 18.9594988 | 23.127 | 0.088 | 3.987 | 1.476 | 58.88    | 0.630       | 1.335 | 91.000  | Burst |
| 212 | 6.7776323 | 18.9278721 | 23.463 | 0.082 | 2.024 | 1.731 | 41.15    | 0.145       | 2.505 | 99.960  | Burst |
| 214 | 6.7494303 | 18.9531993 | 22.746 | 0.066 | 2.287 | 1.997 | 29.62    | 0.126       | 1.815 | 88.150  | Burst |
| 216 | 6.7666520 | 18.9379382 | 23.462 | 0.122 | 2.501 | 1.399 | -43.17   | 0.440       | 2.260 | 99.770  | Burst |
| 219 | 6.7356422 | 18.9664179 | 23.828 | 0.113 | 2.314 | 1.430 | -50.28   | 0.382       | 0.050 | 99.990  | Sc    |
| 220 | 6.7341067 | 18.9589247 | 22.648 | 0.067 | 2.542 | 2.141 | 50.06    | 0.158       | 2.090 | 99.990  | Burst |
| 222 | 6.7690442 | 18.9387618 | 22.830 | 0.066 | 2.385 | 1.965 | -45.93   | 0.176       | 0.555 | 99.960  | Sa    |
| 224 | 6.7622651 | 18.9454525 | 23.963 | 0.129 | 1.723 | 1.167 | -49.25   | 0.323       | 2.635 | 99.180  | Sa    |
| 225 | 6.7326210 | 18.9628032 | 21.668 | 0.053 | 4.197 | 1.976 | -80.87   | 0.529       | 0.750 | 99.970  | Sb    |
| 226 | 6.7563472 | 18.9416330 | 24.189 | 0.111 | 1.639 | 1.287 | -12.54   | 0.215       | 1.975 | 99.640  | Burst |
| 229 | 6.7778193 | 18.9350354 | 20.060 | 0.048 | 3.848 | 3.395 | -4.38    | 0.118       | 2.335 | 98.240  | Burst |
| 232 | 6.7386272 | 18.9693037 | 23.388 | 0.117 | 2.524 | 1.401 | -82.57   | 0.445       | 0.350 | 99.830  | Burst |
| 234 | 6.7684073 | 18.9444066 | 22.783 | 0.071 | 2.243 | 2.024 | 33.94    | 0.098       | 0.450 | 99.930  | S0    |
| 236 | 6.7230807 | 18.8945183 | 23.927 | 0.104 | 2.001 | 1.431 | -69.78   | 0.285       | 2.265 | 98.600  | Burst |
| 237 | 6.7624847 | 18.9504623 | 23.143 | 0.090 | 2.117 | 1.727 | -50.93   | 0.184       | 1.665 | 91.760  | Burst |
| 242 | 6.7399926 | 18.9729042 | 20.365 | 0.048 | 3.984 | 2.893 | -86.99   | 0.274       | 0.390 | 92.300  | Burst |
| 243 | 6.7526236 | 18.9634728 | 22.415 | 0.063 | 2.742 | 2.217 | 66.55    | 0.191       | 0.390 | 98.010  | Burst |
| 244 | 6.7556480 | 18.9619019 | 22.713 | 0.064 | 2.557 | 1.750 | 53.68    | 0.316       | 2.220 | 97.480  | Burst |

Таблица 4. Каталог объектов, часть 3

| #   | RA        | Dec        | R mag  | Error | A     | B     | $\Theta$ | Ellipticity | Z     | %       | Type  |
|-----|-----------|------------|--------|-------|-------|-------|----------|-------------|-------|---------|-------|
| 249 | 6.7529914 | 18.9288353 | 24.528 | 0.186 | 1.629 | 0.973 | 2.74     | 0.403       | 1.340 | 100.000 | Sc    |
| 250 | 6.7587620 | 18.9214606 | 23.781 | 0.128 | 1.868 | 1.380 | -30.13   | 0.261       | 0.295 | 99.880  | Burst |
| 251 | 6.7601180 | 18.9234034 | 23.604 | 0.094 | 1.826 | 1.556 | 32.26    | 0.148       | 3.695 | 99.790  | Burst |
| 257 | 6.7709314 | 18.9388985 | 23.701 | 0.122 | 1.835 | 1.429 | -5.32    | 0.221       | 2.065 | 99.930  | Burst |
| 259 | 6.7713246 | 18.9503185 | 24.279 | 0.144 | 1.103 | 0.501 | 89.53    | 0.546       | 2.950 | 90.880  | Burst |
| 262 | 6.7399152 | 18.9497944 | 23.633 | 0.105 | 2.680 | 1.952 | -25.90   | 0.272       | 3.305 | 99.950  | E     |
| 264 | 6.7252848 | 18.9449157 | 24.101 | 0.128 | 2.223 | 1.609 | -29.12   | 0.276       | 2.405 | 95.140  | Sc    |
| 265 | 6.7322505 | 18.9426029 | 24.240 | 0.157 | 1.487 | 1.022 | 44.88    | 0.313       | 0.635 | 100.000 | Sa    |
| 268 | 6.7421957 | 18.9593653 | 24.362 | 0.166 | 2.201 | 1.406 | -69.58   | 0.361       | 2.695 | 96.410  | Sd    |
| 269 | 6.7459558 | 18.9607601 | 24.038 | 0.166 | 1.677 | 1.430 | 38.54    | 0.147       | 3.540 | 99.900  | Sa    |
| 271 | 6.7343845 | 18.9654988 | 23.510 | 0.128 | 1.640 | 1.435 | -47.48   | 0.125       | 3.800 | 87.610  | E     |
| 272 | 6.7426444 | 18.8917468 | 23.186 | 0.106 | 2.120 | 1.636 | 60.39    | 0.228       | 0.495 | 99.270  | Burst |
| 274 | 6.7448906 | 18.8886102 | 23.669 | 0.109 | 2.148 | 1.379 | -16.61   | 0.358       | 3.600 | 99.990  | Burst |
| 275 | 6.7470753 | 18.8968668 | 24.030 | 0.156 | 1.605 | 1.014 | -44.01   | 0.368       | 1.390 | 99.590  | Burst |
| 277 | 6.7346553 | 18.9027207 | 24.655 | 0.183 | 1.423 | 1.141 | 35.47    | 0.198       | 1.635 | 96.560  | Burst |
| 278 | 6.7299996 | 18.9017787 | 24.900 | 0.159 | 1.918 | 0.701 | 54.44    | 0.635       | 1.530 | 99.990  | E     |
| 279 | 6.7307257 | 18.9060285 | 24.005 | 0.160 | 1.525 | 1.201 | 20.44    | 0.212       | 1.665 | 96.430  | Burst |
| 281 | 6.7317820 | 18.9082760 | 24.037 | 0.112 | 1.973 | 1.415 | -18.91   | 0.283       | 2.260 | 99.990  | Burst |
| 282 | 6.7424519 | 18.9049482 | 22.455 | 0.065 | 3.378 | 1.967 | 11.62    | 0.418       | 0.350 | 99.020  | Burst |
| 283 | 6.7442023 | 18.9115360 | 24.703 | 0.141 | 1.391 | 1.059 | 47.77    | 0.239       | 2.240 | 100.000 | Burst |
| 284 | 6.7494647 | 18.9100215 | 23.967 | 0.134 | 1.804 | 1.208 | -43.74   | 0.330       | 2.635 | 99.990  | Im    |
| 285 | 6.7483167 | 18.9166267 | 23.927 | 0.110 | 1.999 | 1.173 | 35.16    | 0.413       | 0.535 | 93.320  | Burst |
| 286 | 6.7401317 | 18.9248120 | 23.490 | 0.098 | 2.237 | 1.546 | -42.31   | 0.309       | 0.430 | 89.410  | Burst |
| 287 | 6.7398958 | 18.9205145 | 24.562 | 0.140 | 1.787 | 1.020 | -14.99   | 0.429       | 2.670 | 97.450  | S0    |
| 288 | 6.7357648 | 18.9217685 | 23.792 | 0.125 | 1.426 | 1.284 | 20.96    | 0.100       | 1.685 | 99.990  | Burst |
| 289 | 6.7302260 | 18.9126764 | 23.928 | 0.160 | 3.339 | 0.867 | -46.04   | 0.740       | 0.420 | 98.610  | Burst |
| 290 | 6.7290354 | 18.9142986 | 23.422 | 0.109 | 2.211 | 1.813 | -49.87   | 0.180       | 1.290 | 99.670  | S0    |
| 291 | 6.7257716 | 18.9075410 | 23.756 | 0.094 | 2.035 | 1.415 | -36.30   | 0.304       | 2.090 | 99.720  | Burst |
| 294 | 6.7164892 | 18.9055719 | 23.101 | 0.085 | 3.120 | 1.616 | -72.57   | 0.482       | 0.100 | 99.990  | Burst |
| 297 | 6.7041489 | 18.9357052 | 20.802 | 0.050 | 4.402 | 3.699 | 34.14    | 0.160       | 0.515 | 85.610  | Burst |
| 298 | 6.7090313 | 18.9381792 | 23.041 | 0.089 | 3.789 | 1.971 | -54.30   | 0.480       | 0.640 | 99.750  | Sa    |
| 299 | 6.7156201 | 18.9356332 | 23.920 | 0.101 | 2.655 | 1.027 | -51.73   | 0.613       | 1.115 | 99.990  | Burst |
| 300 | 6.7195287 | 18.9395636 | 24.084 | 0.109 | 1.873 | 1.334 | -33.51   | 0.288       | 0.315 | 100.000 | Burst |
| 302 | 6.7356819 | 18.9288233 | 24.821 | 0.143 | 1.144 | 1.013 | -47.51   | 0.114       | 2.695 | 100.000 | Burst |
| 304 | 6.7302887 | 18.9218180 | 25.109 | 0.268 | 1.198 | 0.903 | -44.68   | 0.246       | 1.265 | 99.910  | Burst |
| 305 | 6.7164892 | 18.9055719 | 23.101 | 0.085 | 3.120 | 1.616 | -72.57   | 0.482       | 0.100 | 99.990  | Burst |
| 308 | 6.7114628 | 18.9055225 | 25.485 | 0.186 | 1.024 | 0.594 | -86.17   | 0.420       | 1.660 | 98.740  | E     |
| 310 | 6.7036108 | 18.9143316 | 23.163 | 0.092 | 3.002 | 1.722 | -39.10   | 0.426       | 1.495 | 98.900  | Sd    |
| 311 | 6.7284450 | 18.9284654 | 24.174 | 0.154 | 1.481 | 1.099 | -19.94   | 0.258       | 2.215 | 99.980  | E     |

Таблица 5. Каталог объектов, часть 4