

УДК: 524.7+524.822

## КВАЗАРЫ, ГАЛАКТИКИ ТИПА СЕЙФЕРТ 1 (Sy 1) И НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ СЕЛЕКЦИЯ

Р. А. ВАРДАНЫАН

Поступила 12 декабря 1990

Принята к печати 25 декабря 1990

В работе учитывается эффект влияния абсолютных звездных величин на зависимости цветов квазаров и сейфертовских галактик типа Sy 1 от красного смещения. Указывается, что ход изменения этих величин с красным смещением является следствием наблюдательной селекции. Приводится новое свидетельство о взаимосвязи сейфертовских галактик типа Sy 1 и квазаров, которое может быть рассмотрено в пользу космологической природы красного смещения этих объектов.

1. *Введение.* Квазары и галактики типа Сейферт 1 (Sy 1) являются одним из интересных и уникальных объектов во Вселенной.

Оптические свойства этих объектов во многом схожи. Это касается, в частности, переменности блеска и спектра, в котором наряду с широкими эмиссионными линиями иногда встречаются и линии поглощения, мощности потока ультрафиолетового излучения и т. д.

Эти объекты всесторонне исследованы многими авторами. Об этом свидетельствовала уже книга Дж. Бербиджа и М. Бербидж «Квазары», опубликованная еще в 1969 г. [1].

В исследованиях квазаров особое место занимает вопрос о корреляции между показателями цвета  $U-B$ ,  $B-V$ , параметром  $Q = (U-B) - (B-V)$  и красными смещениями ( $z$ ). Отметим, что при изучении этого вопроса исследователи не учитывают влияния корреляции между абсолютной звездной величиной и цветом этих объектов. Возможно, что это одна из причин, из-за которых приведенные в [1] непосредственные зависимости цветов  $U-B$ ,  $B-V$  и параметра  $Q = (U-B) - (B-V)$  от красного смещения  $z$  очень плохо согласуются с расчетными кривыми, полученными на основе распределения энергии в континууме  $F(\nu) = \nu^{-1}$  плюс линии излучения с интенсивностями, приведенными к системе покоя квазаров (см. стр. 71—73 в [1]).

В настоящей работе нами поставлена цель при рассмотрении зависимости цветов квазаров от красного смещения ( $z$ ) учесть их зависимости цветов от абсолютной звездной величины. Учитывая этот эффект, мы будем иметь более полное и точное представление о влиянии наблюдательной селекции на наблюдаемую корреляцию между цветами и красным смещением для квазаров и галактик Сейферта типа *Sy 1* (в дальнейшем, говоря о сейфертовских галактиках, будем подразумевать только этот тип).

2. Методика учета влияния абсолютных звездных величин на цвета квазаров и сейфертовских галактик типа *Sy 1*. Рассмотрим нашу методику учета связи показателей цветов исследуемых объектов от их абсолютной звездной величины.

Для статистического анализа результатов наблюдений квазаров и сейфертовских галактик мы использовали данные, приведенные в табл. 1 и 3 каталога Верона [2], где даны абсолютные величины ( $M$ ), цвета  $U-B$ ,  $B-V$  и красные смещения ( $z$ ) указанных объектов.

С целью учета влияния абсолютных звездных величин на цвета исследуемых объектов из каталога Верона [2] выбирались пары квазаров, удовлетворяющие следующим двум требованиям:

- а) В каждой паре абсолютные величины объектов одинаковы с точностью до  $0^m \cdot 1$ .
- б) Среди пар одинаковой абсолютной звездной величины для данной пары разности значений показателей цвета между квазарами пары — наибольшие.

Мы говорим не об интервале абсолютных величин, а о данной абсолютной величине, поскольку в каталоге Верона для абсолютных величин приводится только один знак после запятой. Принятый способ группировки, очевидно, обеспечивает интервалы шириной  $0^m \cdot 1$ .

Аналогичным образом была получена выборка и для сейфертовских галактик. Например, для одной и той же абсолютной звездной величины (допустим  $M = -23^m 0$ ) мы выписали значения  $z$ ,  $U-B$ ,  $B-V$  и  $Q = (U-B) - (B-V)$  членов пар квазаров, в которых цвета отличаются максимально. Такие же пары выписали и для значений  $M = -23^m 1$ ,  $-23^m 2$  и т. д. абсолютных звездных величин.

С помощью этих данных для каждой абсолютной звездной величины были определены следующие разности:

$$(U-B)_1 - (U-B)_2 = \Delta(U-B)_{\max},$$

$$(B-V)_1 - (B-V)_2 = \Delta(B-V)_{\max},$$

$$[(U-B) - (B-V)]_1 - [(U-B) - (B-V)]_2 = \Delta Q_{\max}.$$

Индекс «пах» в этих выражениях показывает, что выбраны пары, где соответствующие разности наибольшие для данной абсолютной звездной величины.

Таким образом, мы выбрали две группы объектов, для которых цвета ( $U-B$ ), ( $B-V$ ) и параметр  $Q$  имеют наибольшие и наименьшие значения. Причем естественно допустить, что среди них встречаются объекты самых различных красных смещений.

Определим для каждого интервала красных смещений величины

$$P(U) = \frac{N_*(U-B)}{N_{TU}}; \quad P(B) = \frac{N_*(B-V)}{N_{TV}} \quad \text{и} \quad P(Q) = \frac{N_*(Q)}{N_{TQ}},$$

где  $N_T$ —общее число объектов,  $N_*$ —число объектов для которых соответствующие цвета имеют наименьшие значения, в данном интервале красных смещений. Очевидно, что  $N_*$  взяты из группы объектов с наименьшими значениями соответствующих величин.

Для квазаров ширина интервала красных смещений взята равной  $\Delta z=0.1$ , начиная от  $z=0.1$  (0.1—0.2, 0.2—0.3 ... 3.5—3.6), а для сейфертовских галактик  $z=0.01$  (0—0.01, 0.01—0.02, ... 0.9—1.0).

Выбор указанного верхнего значения  $z$  ( $z=0.1$ ) для сейфертовских галактик обусловлен тем, что, начиная с  $z=0.1$ , их количество сильно падает.

Для сглаживания флуктуаций величин  $P(U)$ ,  $P(B)$ ,  $P(Q)$ , в их зависимостях от  $z$ , мы, в конечном счете, брали скользящее среднее для соседних галактик отдельно, кроме первых интервалов их красного смещения:  $z=0.1 \div 0.2$  и  $z=0 \div 0.01$ .

Полученные зависимости величин  $P(U)$ ,  $P(B)$ ,  $P(Q)$  от красного смещения  $z$  для квазаров приведены на рис. 1, а для сейфертовских галактик на рис. 2. На рис. 1, отмечены и спектральные линии, которые, по-видимому, ответственны за наблюдаемые зависимости (см. ниже).

Зависимости, представленные на рис. 1 и 2, фактически дают распределения квазаров и сейфертовских галактик с максимумами избытков цветов ( $U-B$ ,  $B-V$ ,  $Q$ ) по красному смещению  $z$ .

**3. Интерпретация полученных результатов.** Теперь остановимся на интерпретации полученных зависимостей между частотами распределения квазаров с максимальными избытками цветов и красными смещениями  $z$ .

Для интерпретации полученных зависимостей  $P(U)$ ,  $P(B)$ ,  $P(Q)$  от  $z$  мы, следуя работе [1], исходили из предположения, что в этих зависимостях основную роль играют широкие и сильные эмиссионные линии и, может быть, отдельные линии поглощения.

С целью определения, какие именно из них играют существенную роль в изменениях величин  $P(U)$ ,  $P(B)$ ,  $P(Q)$  в зависимости от крас-

ного смещения  $z$ , мы использовали наблюдательные и теоретические данные, подтверждающие присутствие в спектрах квазаров сильных эмиссионных линий и линий поглощения. В работе [1] (см. табл. 4.2 и 10.1) приводится список самых сильных эмиссионных линий.

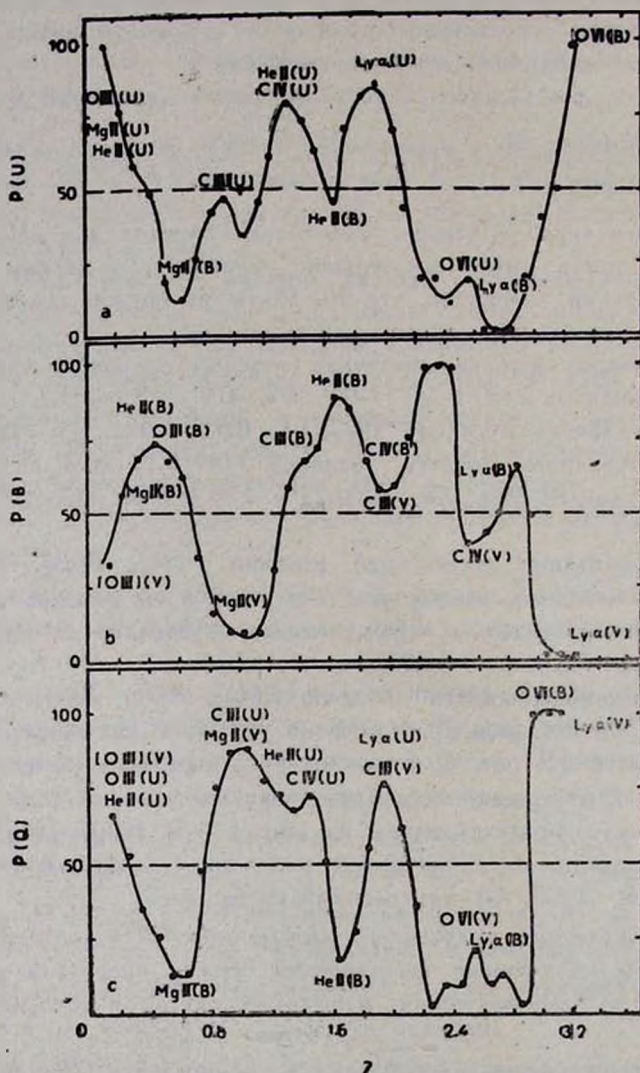


Рис. 1. Зависимости величин  $P(U)$ ,  $P(B)$  и  $P(Q)$  от красного смещения для квазаров. На этих зависимостях отмечены спектральные линии, которые, по-видимому, ответственны за появление наблюдаемых деталей.

Принято считать [3], что на зависимость цвет-красное смещение основное влияние оказывают сильные эмиссионные линии  $Ly\alpha(1216)$ .

C IV (1549), C III (1909) и Mg II (2798), приведенные в книге Бербиджей [1], (табл. 4.2), а также теоретически ожидаемые сильные эмиссионные линии He II (1640), [O III] (5007) и C IV, Mg II ([1], табл. 10.1).

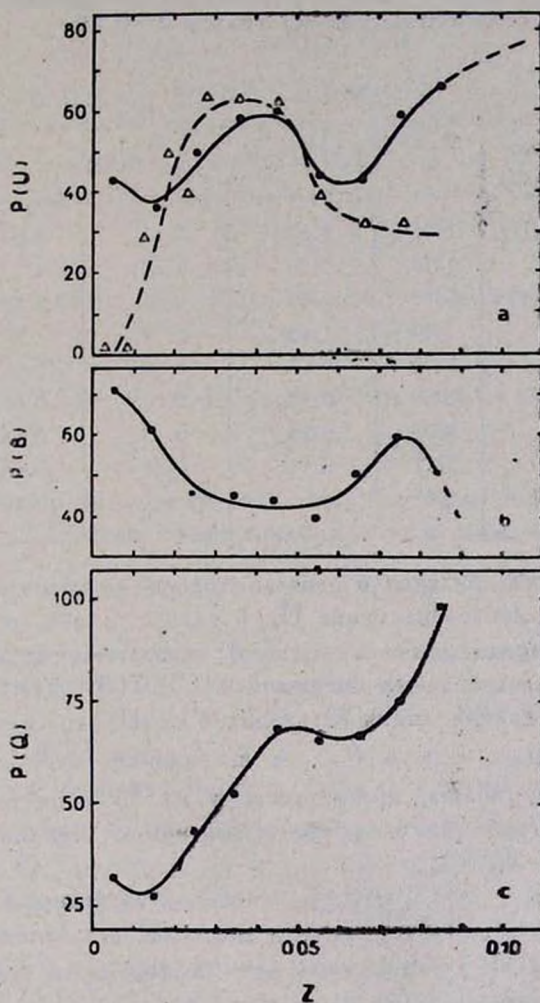


Рис. 2. Зависимости величин  $P(U)$ ,  $P(B)$  и  $P(Q)$  от красного смещения для сейфертовских галактик типа Sy 1. На рис. 2а треугольниками отмечены данные для галактик Маркаряна, а точками — для всех сейфертовских галактик.

На основе этих данных мы составили наш список (табл. 1).

В наш список мы включили одну сильную линию поглощения O VI (1035), рядом с которой не встречаются эмиссионные линии. Сог-

ласно Ленгу [4] (см. табл. 16), эта линия поглощения была обнаружена в спектрах квазаров.

Две линии—He II (3203) и O III (3312) (см. табл. 15 в [4]), мы включили в наш список с целью объяснения обнаруженного на зависимости  $P(U)$  от  $z$  сильного максимума вблизи  $z=0.13$ .

Таблица 1

| Спектральная линия | $\lambda_0$ | $z(U = 3690)$ | $z(B = 4465)$ | $z(V = 5555)$ |
|--------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|
| O VI (П)           | 1035        | 2.57          | 3.31          | 4.37          |
| Ly $\alpha$        | 1216        | 2.00          | 2.67          | 3.57          |
| C IV               | 1549        | 1.38          | 1.88          | 2.59          |
| He II              | 1640        | 1.25          | 1.72          | 2.40          |
| C III              | 1909        | 0.93          | 1.34          | 1.91          |
| Mg II              | 2798        | 0.32          | 0.60          | 0.99          |
| He II              | 3203        | 0.15          | 0.19          | 0.73          |
| O III              | 3312        | 0.11          | 0.35          | 0.68          |
| [O III]            | 5007        | —             | —             | 0.11          |

В табл. 1 представлены: в первом столбце—наименование атома или иона (в скобках добавлена буква П, в случае линии поглощения), во втором—лабораторная длина волны ( $\lambda_0$ ); в третьем, четвертом и пятом столбцах—величины красных смещений  $z(U)$ ,  $z(B)$ ,  $z(V)$ , соответственно для которых данная линия  $\lambda_0$  входит в полосу соответственного ультрафиолетового ( $\lambda_u$ ), синего ( $\lambda_B$ ) и визуального ( $\lambda_V$ ) светофильтра, приобретая длину волны, превосходящую на 50 Å центральную длину волны фильтра (что предполагает эффективную ширину пропускания фильтра порядка 100 Å).

Иначе говоря, в столбцах 3, 4, 5 приводятся величины красных смещений, которые обусловили сдвиг длин волн до значений  $\lambda_u = 3690$ ;  $\lambda_B = 4465$  и  $\lambda_V = 5555$ , превышающих эффективные длины волн системы  $U$ ,  $B$ ,  $V$ , соответственно.

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что существует 7 интервалов красного смещения  $z$ , при которых в полосы пропускания вступают сильные эмиссионные линии квазаров. Приведем эти группы линий с возрастанием  $z$  вместе со средними значениями красного смещения в группах:

$$1) [O III] (z_V = 0.11); \quad O III (z_U = 0.11); \quad He II (z_U = 0.15). \\ \bar{z}(1) = 0.12$$

|                              |                         |                               |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| II) Mg II ( $z_U = 0.32$ );  | O III ( $z_B = 0.35$ ); | He II ( $z_B = 0.39$ )        |
|                              | $\bar{z}(II) = 0.35$    |                               |
| III) Mg II ( $z_B = 0.60$ ); | O III ( $z_V = 0.68$ ); | He II ( $z_V = 0.73$ )        |
|                              | $\bar{z}(III) = 0.67$   |                               |
| IV) C III ( $z_U = 0.93$ );  | Mg II ( $z_V = 0.95$ ); |                               |
|                              | $\bar{z}(IV) = 0.96$    |                               |
| V) C III ( $z_B = 1.34$ );   | C IV ( $z_U = 1.38$ );  |                               |
|                              | $\bar{z}(V) = 1.36$     |                               |
| VI) C IV ( $z_B = 1.88$ );   | C III ( $z_V = 1.91$ ); | Ly $\alpha$ ( $z_U = 2.0$ );  |
|                              | $\bar{z}(VI) = 1.93$    |                               |
| VII) O VI ( $z_U = 2.57$ );  | C IV ( $z_V = 2.59$ );  | Ly $\alpha$ ( $z_B = 2.67$ ); |
|                              | $\bar{z}(VII) = 2.61$   |                               |

Вместе с этим, есть также две линии, которые попадают в полосы пропускания при красных смещениях  $z > 3$ , а именно:

VIII) O VI ( $z_B = 3.31$ ); IX) Ly  $\alpha$  ( $z_V = 3.57$ ) и X) O VI ( $z_V = 4.37$ ).

Поделив средние значения  $\bar{z}$ , полученные для этих девяти групп (начиная с II), на число 0.33, получаем значения, близкие к целым числам: II) 1.06; III) 2.03; IV) 2.91; V) 4.12; VI) 5.85; VII) 7.91; VIII) 10.03; IX) 10.82, а для X) 13.24.

Отметим, что из приведенных в табл. 1 красных смещений только у эмиссионной линии He II (1640) красные смещения  $z_U = 1.25$ ;  $z_B = 1.72$  и  $z_V = 2.40$  не вошли в эти группировки, и частные от деления этих чисел на 0.33 соответственно равны: 3.79; 5.21 и 8.30, т. е. не так близки к целым числам. Вместе с тем, для самых сильных эмиссионных линий Ly  $\alpha$  и Mg II частные от деления составляют соответственно 6.06; 8.09; 10.82 и 0.97; 1.82; 3.00 и близки к целым числам.

Может быть последнее и стало причиной периодичности в распределении квазаров, имеющих сильное ультрафиолетовое излучение, по красным смещениям [5, 6].

На рис. 1 около максимумов и минимумов зависимостей  $P(U)$ ,  $P(B)$  и  $P(Q)$  от  $z$  указаны те предполагаемые линии в спектрах квазаров, которые ответственны за детали наблюдаемой картины.

Так, например, на рис. 1с за появление максимумов  $P(Q)$  ответственные линии I) [O III] (V); O III (U); He II (U) 3203; II) Mg II (V);

С III ( $U$ ); He II ( $U$ ) 1640; C IV ( $U$ ); III) C III ( $V$ ); Ly  $\alpha$  ( $U$ ) и IV) OVI ( $B$ ); Ly  $\alpha$  ( $V$ ). В скобках отмечены спектральные полосы, в которых появляются эти линии из-за красного смещения.

Соответственно, за минимумы зависимости  $P(Q)$  от  $z$  ответственны линии: I) Mg II ( $B$ ); II) He II ( $B$ ) 1640 и III) OVI ( $V$ ); Ly  $\alpha$  ( $B$ ).

Приведенные на рис. 1 кривые достаточно хорошо совпадают с ожидаемыми Бербиджами [1] кривыми, рассчитанными для распределения энергии квазаров в континууме вида  $F(\nu) = \nu^{-1}$ , плюс линий излучения с интенсивностями, приведенными к системе покоя (см., например, рис. 4.5; 4.6 в [1]).

Что касается третьего максимума  $P(B)$  при  $z=2.3$  на рис. 1b, то, как известно [7], он обусловлен наблюдаемым максимумом частоты квазаров в интервале  $z=2.1 \div 2.4$ , из-за появления в видимой области спектра самой сильной эмиссионной линии Ly  $\alpha$ .

Таким образом, из анализа статистических данных о квазарах, в частности из зависимости частоты появления квазаров с наименьшими цветами (большими цветовыми избытками) от красного смещения, мы приходим к выводу, что полученные зависимости (рис. 1) обусловлены наблюдательной селекцией, то есть появлением сильных эмиссионных линий соответственно в  $U$ ,  $B$  и  $V$  полосах спектра из-за красного смещения. Последний вывод, нам кажется, не оставляет сомнения в космологической природе красного смещения квазаров.

В дополнение к сказанному рассмотрим вопрос о связи сейфертовских галактик с квазарами.

4. О связи сейфертовских галактик типа Sy 1, с квазарами. Вопрос о связи сейфертовских галактик с квазарами ранее был рассмотрен в [8]. В настоящей работе мы рассмотрим этот же вопрос, с другим подходом к его решению.

Как было отмечено выше, зависимости величин  $P(U)$ ,  $P(B)$  от красного смещения  $z$  для квазаров сильно отличаются друг от друга. Например, на рис. 1a зависимость  $P(U)$  от  $z$  начинается с максимума (при  $z=1.5$ ), а для  $P(B)$  от  $z$  — с минимума, и похоже, что эти две зависимости противоположны друг другу по ходу, во всяком случае они сдвинуты друг от друга на  $\Delta z \approx 0.33$ .

Учитывая то обстоятельство, что значения красных смещений для сейфертовских галактик (см. табл. 3 в [2]) в основном находятся в интервале  $z=0 \div 0.1$ , мы рассмотрели ход зависимости  $P(U)$ ,  $P(B)$ ,  $P(Q)$  от  $z$  для них в этом же интервале (см. рис. 2).

На рис. 2a пунктирной линией приведен ход зависимости частоты встречаемости ультрафиолетовых галактик Маркаряна среди всех сейфертовских галактик для различных значений красного смещения (за-

зависимость  $P(M) = \frac{N_{\text{Mark}}}{N_i}$  от  $z$ , где  $N_{\text{Mark}}$ —число галактик Маркаряна,

а  $N_i$ —общее число сейфертовских галактик). Вычисления отношения  $P(M)$  для различных  $z$  (треугольники) были выполнены по данным каталога Верона [2] (табл. 3) для сейфертовских галактик с  $V < 16^m$  0.

На этом же рис. 2а сплошная линия (проводимая по точкам) показывает ход зависимости  $P(U)$  от  $z$ . Как следует из рис. 2а, ход зависимости  $P(U)$  от  $z$  волнообразный (с общим подъемом), и на значении  $z=0.04$  наблюдается максимум. Максимум частот сейфертовских галактик Маркаряна совпадает именно с этим максимумом.

Фактически одна из причин обнаружения большого количества сейфертовских галактик среди галактик Маркаряна вблизи  $z=0.04$ , возможно, кроется в принятом критерии выборки галактик с ультрафиолетовыми избытками. Поэтому становится понятным и то обстоятельство, что среди галактик Маркаряна со значениями  $z < 0.01$  частота встречаемости сейфертовских галактик с небольшими ультрафиолетовыми избытками в списках самого Маркаряна незначительна по сравнению с частотой этих же галактик, обнаруженных другими исследователями [2].

Теперь, сопоставляя ход изменения  $P(U)$  и  $P(B)$  в зависимости от  $z$  сейфертовских галактик, мы замечаем, что с увеличением  $z$  в начале и в конце, приближаясь к значению  $z=0.1$ , наблюдается увеличение величины  $P(U)$ , в то время как величина  $P(B)$  уменьшается. Вместе с тем, вблизи значения  $z=0.1$  величины  $P(U)$  и  $P(B)$  у сейфертовских галактик приближаются к соответствующим величинам  $P(U)$ ,  $P(B)$  квазаров.

Это дает нам основание утверждать, что полученные зависимости  $P(U)$ ,  $P(B)$  и  $P(Q)$  от  $z$  для квазаров являются продолжением тех же самых зависимостей, полученных для сейфертовских галактик. Иначе говоря, они являются почти такими же физическими объектами, с той лишь разницей, что квазары имеют сравнительно большие светимости, вследствие чего они наблюдаются на больших расстояниях.

**5. Заключение.** Итак, из вышеприведенного статистического анализа данных можно сделать следующие заключения.

1. На ход зависимости  $P(U)$ ,  $P(B)$ ,  $P(Q)$  от красного смещения  $z$  основное влияние оказывают следующие эмиссионные линии: Ly $\alpha$ , Mg II, He II (1640), C III, C IV, [O III], O III, He II (3203) и, возможно, линия поглощения O VI.

2. Ход зависимостей  $P(U)$ ,  $P(B)$  и  $P(Q)$  от  $z$ , полученных для квазаров и сейфертовских галактик типа Sy 1, еще раз свидетельствует о взаимном родстве этих двух типов объектов и о космологической природе их красного смещения.

3. Отношение числа сейфертовских галактик из списка Маркаряна к общему числу сейфертовских галактик типа Sy 1 имеет максимум вблизи  $z=0.04$ , на котором и наблюдается максимальное значение величины  $P(U)$  тех же галактик.

4. На ближайших расстояниях ( $z < 0.01$ ) наблюдается недобор сейфертовских галактик среди галактик Маркаряна с ультрафиолетовым избытком (по отношению к найденным другими авторами сейфертовскими галактикам). Последнее, возможно, обусловлено принятым Маркаряном критерием выборки галактик с ультрафиолетовым избытком.

5. Все вышеприведенные данные, в частности, ход зависимостей,  $P(U)$ ,  $P(B)$  и  $P(Q)$  от  $z$ , являются следствием наблюдательной селекции.

Наши выводы еще не означают, что квазары или сейфертовские галактики типа Sy 1 не обладают коротковолновыми избытками. Наоборот, нам кажется, что существование сильных эмиссионных линий, таких, как Ly $\alpha$ , Mg II, C III, C IV, [O III] и т. д., является свидетельством наличия подобных избытков у этих галактик. Однако, влияние эмиссионных линий на ход зависимости  $P(U)$ ,  $P(B)$ ,  $P(Q)$  от  $z$  остается доминирующим.

В заключение считаю своим принятым долгом поблагодарить академика В. А. Амбарцумяна за ценные советы, профессора Л. В. Мирзояна за ценные замечания и научного сотрудника обсерватории А. П. Магтесяна за любезно предоставленные данные, относящиеся к квазарам. Бюраканская астрофизическая обсерватория

## QUASARS, SEYFERT 1 (Sy1) TYPE GALAXIES AND OBSERVATIONAL SELECTION

R. A. VARDAMIAN

The effect of absolute stellar magnitude influence on the observed relations between colours and redshift of quasars and Sy1 type galaxies is taken into account. A new evidence of connection of Sy1 type galaxies and quasars is given which can be considered in favour of cosmological nature of their redshift.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Бербидж., М. Бербидж, Квазары, Мир, М., 1969.
2. M. P. Veron-Cetty, P. Veron, A Catalogue of Quasars and Active Nuclei (4th edition), ESO, 1989.
3. S. Depaquit, J. C. Pecker, J. P. Vigier, Astron. Nachr. 306, N. 1, 7, 1985.
4. К. Ленг, Астрофизические формулы, ч. I, Мир, М., 1978.
5. K. G. Karlsson, Astron. and Astrophys., 13, 333, 1971.
6. М. Ф. Ходячих, Астрон. ж., 56, 1174, 1979.
7. P. Veron, Astron. and Astrophys., 170, 37, 1985.
8. H. L. Marshall, Space Telesc. Sci. Inst., Prepr. ser. No. 58, 1985, p. 5.