

А. Т. Каллоглян, Г. М. Товмасян

ЯДРА ГАЛАКТИК С ПЕРЕМЫЧКОЙ

Вопрос о роли ядер в эволюции галактик становится в последние годы все более актуальным. В настоящее время накопилось достаточно наблюдательных данных, свидетельствующих в пользу выдвинутой В. А. Амбарцумяном [1] идеи об активности ядер галактик. Так, в NGC 4486 мы непосредственно наблюдаем выброс сгустка материи из ядра галактики, что сопровождается интенсивным радиоизлучением. Взрыв в M82 прямо указывает на активные процессы, имеющие место в ядре этой галактики. Об активных процессах, происходящих в ядрах галактик, свидетельствует также и наблюдаемое истечение газа из ядра M31 и нашей Галактики. Далее, радиоразмеры ряда галактик значительно меньше их оптических размеров, показывая тем самым, что радиоизлучение в этих объектах связано с их ядрами. Наконец, следует упомянуть еще о радиоисточниках типа 3C48, где, по всей вероятности, мы имеем дело со сверхъядрами.

Хотя в настоящее время активная роль ядра в жизни галактики не вызывает сомнения, однако исследования более или менее массового характера, относящиеся к ядрам галактик, пока отсутствуют. Несомненный интерес представляет поэтому определение яркостей и показателей цвета ядер галактик различных типов, начатое в Бюраканской астрофизической обсерватории. В настоящей работе, составляющей часть этого исследования, приводятся результаты фотометрического и колориметрического исследования ядер 50 галактик с перемычкой всех четырех подтипов от SB0 до SBc с известными радиальными скоростями и видимыми величинами ярче 13^m .

§ 1. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Наблюдательный материал был получен на 21—21" телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории (масштаб—114" на 1 мм). Наблюдения велись в синих лучах на пластинках „Агфа астро платтэн“ без фильтра и в оранжевых лучах на пластинках „Кодак Оа-Ф“ в комбинации с фильтром OG-1. Наша цветовая система определяется уравнением $CI_{int} = 0.8 CI$, где CI — показатель цвета в нашей системе.

В синих лучах для большинства ядер получено по одной пластинке с привязкой к фокальным изображениям звезд Северного полярного ряда. Для нескольких ядер получены вторые снимки, посредством которых определена ошибка измерений в $\pm 0^m.2$. Вводилась поправка за атмосферное поглощение.

На каждой пластинке, согласно методике, разработанной в Бюракане, получалась цепочка из 3—4 изображений галактики. Последовательные экспозиции отличались друг от друга в 1.5, а иногда в два раза. Наименьшая экспозиция выбиралась так, чтобы изображение центральной части имело предельно слабое почернение. На другой пластинке с теми же экспозициями получалась последовательность снимков Северного полярного ряда. После этого изображения центральных частей сфотографированных нами галактик оценивались по пятибалльной системе.

Оценка 5 дается в тех случаях, когда присутствует ядро, изображение которого почти не отличается от изображений звезд, по крайней мере на двух последовательных экспозициях. Существует заметная разница между яркостью ядра и фона, который в некоторых случаях начинает выявляться только на снимках с большой экспозицией.

Оценка 4 относится к случаям наличия звездоподобных ядер, изображения которых все же несколько отличаются от изображений звезд. Они, как правило, имеют более слабое почернение. Яркость ядер с оценкой 4 еще весьма заметно превышает яркость фона.

Галактики, ядра которых невозможно выделить на фо-

не их сильного центрального сгущения, оценены 3. Изменение размеров изображения центральной части таких галактик при переходе от одной экспозиции к другой совершенно отлично от хода изменения размеров изображений звезд. Наличие сильного сгущения указывает на существование ядра, которое, однако, не выделяется.

Те случаи, когда в центральных частях на фоне перемычки имеется малозаметное сгущение, подчас неправильной формы, оценены баллом 2. В этом случае наличие слабого ядра можно считать возможным.

Баллом 1 оценены те галактики, в центральных частях которых нет следов какого-либо сгущения даже на изображениях с предельно малой экспозицией, где все еще заметна почти целиком вся перемычка. Возможно, что в таких случаях ядро вообще отсутствует.

Можно полагать, что в случае галактик с оценкой 3, а иногда и галактик с оценкой 2, на крупномасштабных снимках возможно будет выявление звездообразных ядер из-за ослабления почернения фона. Однако очевидно, что яркие звездообразные ядра могут выявляться также на снимках небольшого масштаба, сколь бы малы не были размеры самих ядер.

После оценки галактик по пятибалльной системе у галактик с оценкой 4 и 5 на микрофотометре МФ-2 измерялась звездная величина звездообразного ядра. Звездные величины ядер с оценкой 4 и 5, измеренные по двум последующим экспозициям, отличались друг от друга на 0^m1-0^m2 . Для других галактик глазомерно оценивалась нижняя граница звездной величины возможного ядра, причем в случае галактик с баллом 3 эта оценка по двум последовательным экспозициям одной и той же галактики отличалась больше чем на 0^m5 . Это являлось надежной проверкой корректности выявления и, следовательно, определения яркости звездообразных ядер с оценками 4 и 5.

В оранжевых лучах получены снимки 13 из 14 галактик с оценками 4 и 5. Колориметрическое исследование для ядер остальных галактик не проведено, поскольку уже в

синих лучах для них возможно было получение только верхних пределов их яркости.

Здесь следует отметить, что при определении звездных величин ядер возможна систематическая ошибка, обусловленная тем, что в качестве стандартов использованы фокальные изображения звезд, тогда как изображения звездобразных ядер несколько отличаются от изображений звезд. Однако эта систематическая ошибка не должна сильно сказаться на показателях цвета, поскольку она действует одинаковым образом как в фотографических, так и в визуальных лучах.

Измерению звездной величины ядра мешает наложение на него фона центральных частей галактик. Нами сделана попытка хотя бы грубого учета этого фона. Искючение фона нами производилось следующим образом. В случае галактик с оценкой 1 ядро, если оно есть, настолько слабо по сравнению с фоном, что наложение его излучения не вызывает увеличения яркости фона, и мы не замечаем в центральной части галактики даже слабого сгущения, как в случае галактик с оценкой 2. Полагая, что суммарная яркость фона и ядра (при заданном диаметре звездобразных изображений на пластинке) может превышать не более чем на $0^m 3$ (что на $0^m 1$ выше ошибок определения яркости) измеренное значение яркости в центральной области галактики, мы получаем, что яркость изображения самого ядра должна быть, по крайней мере, на $1^m 5$ слабее измеренного значения. В случае галактик с оценками 4 и 5 мы имеем обратную картину. Здесь яркость фона настолько слаба по сравнению с яркостью ядра, что на изображениях центральной части галактики, полученных с маленькими экспозициями, фон не чувствуется. По аналогии с галактиками с оценкой 1 мы можем заключить, что в случае галактик с оценками 4 и 5 интегральная яркость фона должна быть хотя бы на $1^m 5$ слабее суммарной яркости изображения ядра и фона и, следовательно, звездные величины ядер могут быть не более чем на $0^m 3$ слабее непосредственно измеренных значений. В некоторых случаях фон может быть настолько слаб, что измерения практически будут относиться к одному только ядру.

Интересно заметить, что в фотографических лучах средняя поверхностная яркость фона в центральных частях галактик, с оценками 4 и 5, оказывается, при сделанных допущениях, равной 18^m6 с кв. секунды дуги (диаметры наименьших измеренных изображений центральных частей приблизительно равны $4''$). Очевидно, что это — верхняя граница поверхностной яркости фона центральных частей галактик. Это значение верхней границы поверхностной яркости фона находится в согласии с данными Каллогляна [2, 3] и Петтита [4], получивших для поверхностной яркости центральных частей некоторых галактик подтипов SBa и SBb (среди которых, как мы увидим далее, встречаются галактики с оценками 4 и 5) среднее значение в 19^m7 и 20^m5 соответственно. Измерения ими были проведены при помощи диафрагм с размерами в $11''$ и $18''$ соответственно, что вызывало усреднение и естественно должно было дасть несколько заниженные результаты по сравнению с нашими.

Таким образом, звездные величины ядер галактик с оценками 4 и 5 могут быть не более чем на 0^m3 слабее непосредственно измеренных значений. В случае же галактик с оценками 1 звездные величины ядер должны быть, по крайней мере, на 1^m5 слабее измеренных значений. Исходя из этого мы можем допустить, что в случае галактик с оценкой 3 ядра должны быть слабее измеренной суммарной яркости ядра и фона более чем на 0^m7 и в случае галактик с оценкой 2 — более чем на 1^m1 . Определенная из этого условия верхняя граница поверхностной яркости центральных частей галактик подтипа SB0 (оцениваемых, как мы увидим далее, только баллом 3) у нас получается равной 17^m8 , что на 0^m8 ярче, чем в случае подтипов SBa и SBb. А у Петтита эта разница равна 1^m1 . Такое совпадение результатов говорит в пользу сделанных допущений.

§ 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

В табл. 1 приведены полученные данные относительно 50 наблюдаемых галактик с перемычкой всех подтипов. В столбцах этой таблицы последовательно приведены: 1) порядковые номера, 2) номера галактик по NGC, 3) интеграль-

Таблица 1

№№	NGC IC*	mpg (r)	Балл	mpg (я) измеренное	mpg (я) исправлен- ное	M (я)	Cl _{int}
1	2	3	4	5	6	7	8

SBO

1	2646	13 ^m 3	3	16 ^m 2	> 16 ^m 9	< -16 ^m 9	
2	2859	11.9	3	13.7	> 14.4	< 17.0	
3	2880	12.7	3	14.7	> 15.4	< 16.6	
4	2950	12.0	3	14.2	> 14.9	< 17.0	
5	3384	11.0	3	13.2	> 13.9	< 15.4	
6	3412	11.6	3	15.2	> 15.9	< 14.4	
7	4203	11.8	3	14.2	> 14.9	< 16.0	
8	4435	11.8	3	14.2	> 14.9	< 15.5	
9	4442	11.4	3	14.2	> 14.9	< 14.5	
10	4477	11.8	3	14.4	> 15.1	< 16.2	

SBa

1	936	11.3	3	14.4	> 15.1	< 16.5	
2	2787	12.0	5	13.7	> 14.0	< 16.4	+0 ^m 5
3	3185	13.1	5	15.0	> 15.3	< 15.9	+0.4
4	3414	12.1	4	13.3	> 13.6	< 17.5	+0.7
5	4026	11.7*	3	14.6	> 15.3	< 15.6	
6	4064	12.8+	3	14.9	> 15.6	< 15.2	
7	4245	12.3*	3	14.8	> 15.5	< 15.1	
8	4314	11.5	4	16.0	> 16.3	< 13.7	+1.6
9	4421	11.9	4	14.5	> 14.8	< 16.7	+0.1
10	4665	11.8+	3	14.8	> 15.5	< 14.1	
11	4856	11.7	3	15.4	> 16.1	< 14.4	
12	5566	11.4*	3	14.2	> 14.9	< 16.2	
13	6654	12.8	5	14.8	> 15.1	< 18.0	+0.8
14	7743	12.5	4	14.2	> 14.5	< 17.9	-

SBb

1	1300	11.3	4	15.5	> 15.8	< 16.5	+1.2
2	2523	12.6*	3	16.0	> 16.7	< 17.1	+0.4
3	2712	12.8	4	15.0	> 15.3	< 18.4	+0.2
4	3504	11.6	5	13.0	> 13.3	< 18.4	+0.2
5	3953	10.7*	5	14.6	> 14.9	< 14.8	+0.2
6	3992	10.5*	3	15.7	> 16.4	< 14.8	
7	4102	12.3*	5	14.4	> 14.7	< 16.2	+1.5
8	4394	11.6	3	15.2	> 15.9	< 13.8	
9	4548	11.0	3	15.2	> 15.9	< 12.3	
10	5850	11.8	2	15.4	> 16.5	< 15.4	
11	5921	11.6	5	14.1	> 14.4	< 16.6	+0.2
12	5970	12.2	2	15.4	> 16.5	< 15.3	
13	6239	12.7	1	15.3	> 16.8	< 14.7	
14	6951	12.9	3	15.5	> 16.2	< 16.5	
15	7723	12.0	3	14.6	> 15.3	< 17.2	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
SBc							
1	255	12.3	2	16.4	> 17.5	< 14.9	+0.2
2	672	11.6	1	16.4	> 17.9	< 11.7	
3	1073	12.0	2	16.2	> 17.3	< 15.0	
4	1727*	12.7	1	17.2	> 18.7	< 11.0	
5	2633	13.0	1	16.7	> 18.2	< 14.7	
6	3319	12.3+	2	16.4	> 17.5	< 13.0	
7	3359	11.0	1	15.7	> 17.2	< 14.0	
8	3367	12.0	5	14.9	15.2	17.9	
9	3510	12.8+	1	16.2	> 17.7	< 12.0	
10	4088	11.2+	1	15.7	> 17.2	< 13.3	
11	7741	12.5	2	15.7	> 16.8	< 14.3	

* Звездные величины по [6].

+ Звездные величины по Шепли-Эймз.

Остальные по Петтиту [4].

ная звездная величина галактик, 4) оценки галактик в пятибалльной системе, 5) измеренные значения фотографических звездных величин ядер, 6) исправленные за влияние фона фотографические звездные величины ядер, 7) абсолютные фотографические величины ядер при постоянной Хаббла 75 км/сек на мпс с учетом галактического поглощения по $A_{pg} = 0.25 \cos \theta$, 8) показатели цвета в международной цветовой системе.

Рассмотрение таблицы позволяет сделать следующие выводы:

а. *Об оценках по пятибалльной системе.* Распределение ядер изученных галактик по пятибалльной системе приводится в виде гистограмм на рис. 1. Как следует из гистограмм, существует резкое отличие между ядрами галактик разных подтипов. Галактики с оценками 4 и 5 имеются в подклассах SBa и SBb. Галактики типа SBc, кроме галактики NGC 3367, оцениваются только баллами 1 или 2. Здесь отсутствуют галактики даже с сильным центральным сгущением с оценкой 3. В подклассе SB0, наоборот, все галактики имеют оценку 3.

Заметим, что нет никакой зависимости между оценками галактик и их морфологическими признаками r и s по де Вокулёру.

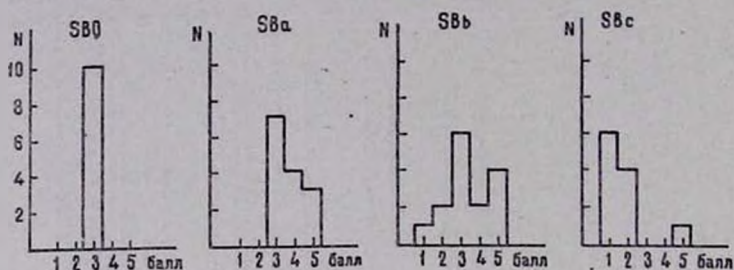


Рис. 1.

24-1.

Таким образом, резюмируя, можно представить следующую, возможно эволюционную, картину. В галактиках SB0 имеется сильное центральное сгущение, в котором, по всей вероятности, имеется звездообразное ядро. В галактиках типов SBa и SBb звездообразные ядра нередко настолько ярки, что резко выделяются на фоне центрального сгущения. В подтипе же SBc в основном отсутствует даже центральное сгущение; ядра настолько слабы, что никак не проявляют себя на фоне перемиčky, а возможно, что их нет вовсе.

6. О светимостях ядер. Имеется большая дисперсия светимости ядер галактик подклассов SBa и SBb. Здесь встречаются такие ядра, как у NGC 3504, с фотографической абсолютной величиной, равной $-18^m.4$, и такие слабые, как, например, у NGC 4548, абсолютная яркость ядра которой слабее $-12^m.3$. Светимость ядер галактик этих подтипов составляет иногда 25% интегральной светимости галактики, как в случае NGC 3414, и может составлять менее 2% интегральной светимости. Возможные же ядра галактик подтипа SBc очень слабые, в среднем слабее -13^m . Наиболее яркие возможные ядра слабее -15^m . Светимость ядер этих галактик может составлять в среднем не более 1% интегральной светимости галактики. Исключение составляет оцениваемая баллом 5 галактика NGC 3367, ядро которой име-

ет абсолютную величину, равную $-17^m.9$, и составляет 5% интегральной светимости галактики.

В случае галактик подтипа SB0 в сильном центральном сгущении весьма вероятно наличие ядер с абсолютной величиной в среднем слабее -16^m . Здесь светимости ядер составляют в среднем менее 6% интегральной светимости галактик.

На рис 2. приведена зависимость абсолютной величины ядер от абсолютной интегральной величины соответствующих галактик. Рассмотрение рисунка указывает на наличие некоторой зависимости — более яркие галактики обладают более яркими ядрами. Однако такой вывод является несколько преждевременным. К

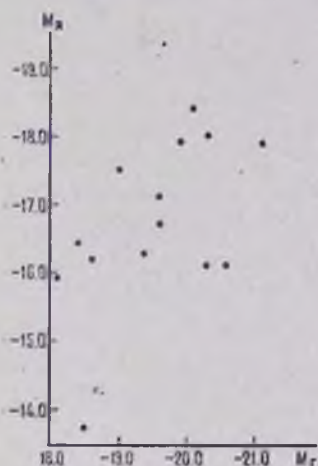


Рис. 2.
Зд. 2.

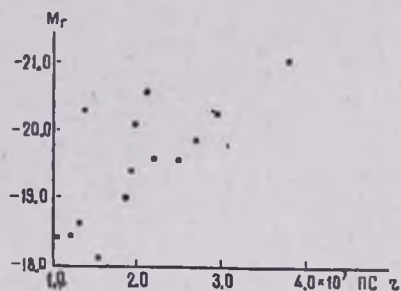


Рис. 3.
Зд. 3.

подобной зависимости может привести и избирательность наблюдательного материала, поскольку имеется и зависимость интегральной яркости исследованных галактик от их расстояния (рис. 3).

Большая дисперсия светимостей ядер в пределах подтипов SBa и SBb, где ядра составляют от 25 до менее чем 2% интегральной светимости галактик, является свидетельством того, что развитие ядра в известной степени происходит независимо от морфологической структуры галактики. Слабость возможных ядер галактик подтипа SBc или вообще их отсутствие имеет, очевидно, эволюционное значение.

в. О цвете ядер. Исследование показало, что показа-

տել ցвета ядер галактик меняется в довольно широких пределах, от $+1^m5$ до почти 0, причем у большинства он меньше $+0^m5$. Сопоставление показателей цвета ядер с их абсолютными величинами не показывает какой-либо зависимости между ними.

В случае галактик NGC 3953, 4314, 4421 даются верхние пределы показателей цвета, поскольку эти галактики в оранжевых лучах оценены баллом 3, и для них соответственно были определены лишь верхние пределы яркостей. Полученные для NGC 3953 и 4421 повторные снимки подтвердили правильность их оценки.

Возможно, что голубой цвет некоторых ядер объясняется наличием большого количества голубых гигантов в них или же, что более вероятно, это может быть результатом предполагаемого Б. Е. Маркаряном наличия дополнительного нетеплового излучения в ядрах некоторых галактик [5]. В обоих случаях это обстоятельство также является, по-видимому, признаком активности ядер.

Авторы считают своим приятным долгом выразить признательность акад. В. А. Амбарцумяну за ценные замечания и постоянный интерес к работе, а также Б. Е. Маркаряну за консультации в процессе обработки материала.

Ա. Տ. ՔԱԼՈՂԼՅԱՆ, Հ. Մ. ՔՈՎՄԱՅԱՆ

ԶՈՂԻԿԱՎՈՐ ԴԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԿՈՐԻՋՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում բերված են 50 ձողիկավոր գալակտիկաների կորիզների լուսաչափական և գունաչափական հետազոտության արդյունքները: Դիտումները կատարվել են Բյուրականի աստղադիտարանի 21—21" Շմիդտի սիստեմի դիտակի վրա (մասշտաբ՝ 114" մեկ մմ-ում): Յուրաքանչյուր թիթեղի վրա ստացվել է 3—4 պատկեր տարբեր լուսակալումներով: Հաջորդական լուսակալումներն իրարից տարբերվում են 1.5 կամ, հազվադեպ, 2 անգամ: Կիրառելով այս մեթոդիկան գալակտիկաների կենտրոնական մասերը գնահատված են հետևյալ 5-նիշանոց սիստեմում:

5 գնահատական տրվում է այն դեպքում, երբ գոյություն

ունի աստղաձև կորիզ, որի պատկերներն առնվազն երկու հաջորդական լուսակալույթների վրա չեն տարբերվում աստղային պատկերներից:

4 դնահատվում են աստղանման կորիզները, որոնց պատկերներն արդեն որոշ չափով տարբերվում են աստղային պատկերներից: Այստեղ, որպես կանոն, կորիզի սևացումը ցածր է միևնույն տրամագիծն ունեցող աստղերի սևացումից:

3 դնահատվում են այն գալակտիկաները, որոնց կորիզները կորչում են կենտրոնական մասի ուժեղ խտացման մեջ:

2 դնահատվում են այն գալակտիկաները, որոնց կորիզները կորչում են թույլ խտացում ունեցող կենտրոնական մասի մեջ:

1 դնահատվում են այնպիսի գալակտիկաները, որոնց կենտրոնական մասում չկա որևէ խտացման հետք անգամ: Շատ հաճախակի է, որ այդպիսի գալակտիկաներն ընդհանրապես կորիզ չունեն:

Ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ 5 և 4 դնահատականի կորիզները գերակշռում են SBA և SBB գալակտիկաներում: SBO ենթադասի գալակտիկաներում կորիզներն ունեն բացառապես 3 դնահատական, իսկ SBC գալակտիկաներում, բացառությամբ NGC 3367-ի՝ 1 կամ 2 դնահատական (զծ. 1):

Պարզվում է, որ կորիզի վրա պրոնկտված Ֆոնի ալդեցությունը բացառելուց հետո 4 կամ 5 դնահատական ունեցող կորիզների պայծառությունը կազմում է համապատասխան գալակտիկաների ինտեգրալ պայծառության 2-ից մինչև 2.5⁰/₀-ը: 1, 2 և 3 դնահատականով կորիզները համար որոշվել է պայծառությունների վերին սահմանը: SBC ենթադասի գալակտիկաների հնարավոր կորիզներն ունեն շատ ցածր լուսատվություն՝ միջինում $M_{pg} < -13^m$.

Որոշվել է նաև 4 և 5 դնահատականի կորիզների գույնի ցուցիչը, որը, երբեմն, հասնում է մինչև 0^m.

Նշարկացվում է, որ կորիզների դարդացումը կատարվում է անկախ գալակտիկաների կառուցվածքային սուսանձնահատկություններից: Կապույտ կորիզների դեպքում մենք գործ ունենք, ըստ երևույթին, կորիզի հետ կապված լրացուցիչ, ոչ աստղային բնույթի ճառագայթման հետ:

A. T. KALLOGLIAN, H. M. TOVMASSIAN
THE NUCLEI OF BARRED GALAXIES

S u m m a r y

The results of photometric and colorimetric investigation of the nuclei of 50 barred galaxies are presented (see table 1). Observations are made on 21—21" Schmidt telescope of Byurakan Observatory, with a scale of 114" per *mm*. On each plate 3 or 4 images of the nucleus are obtained with successive exposures which differ one from other by 1.5 or rarely by 2 times. The limiting exposures were chosen to obtain the faintest images of the nucleus. The focal images of NPS stars obtained in the same way were used as standarts. Then the central parts of all investigated galaxies were divided into 5 groups.

The mark 5 refers to the starlike nuclei, the images of which don't differ by at least two consequent exposures from that of stars.

The mark 4 refers to the nuclei which somewhat differ from the images of the stars, in the sense that the density of images of such nuclei are slightly weaker than that of similar stars.

The mark 3 refers to the galaxies, the nuclei of which disappear in a very strong central concentration.

The mark 2 refers to the galaxies, the possible nuclei of which could be in a weak, mainly irregular central concentration of the galaxy.

The mark 1 refers to the galaxies, in the central parts of which there is no concentration at all. It is very probable that in such galaxies nuclei are absent at all.

For the nuclei of groups 1, 2 and 3 upper limits of brightnesses are estimated only.

Investigation shows that the nuclei of 4-th or 5-th groups exist in the galaxies of SBa and SBb type. All galaxies of SB0 type have nuclei with mark 3. The galaxies of SBc type, except NGC 3367, have nuclei with marks 1 or 2 only (Fig. 1).

It is found that the brightnesses of the nuclei with marks 4 or 5 vary from 2 to 25% of the integral brightnesses of the corresponding galaxies. The brightnesses of probable nuclei of SBc type galaxies are usually less than 1% of the integral brightnesses and have absolute magnitudes fainter than -13^m in average. In the case of SB0 type galaxies the existence of nuclei with a mean absolute magnitudes fainter than -16^m is possible.

For nuclei of 4 or 5 groups the colors are also estimated.

It is suggested that the evolution of the nuclei is going independent from the structural characteristics of galaxies. In the case of blue nuclei it seems possible the existence of additional nonstellar radiation.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, Известия АН АрмССР, серия физико-математических наук, 9, 23, 1956.
2. А. Т. Каллоглян, ДАН АрмССР, 26, 217, 1958.
3. А. Т. Каллоглян, Сообщения Бюраканской обсерватории, 25, 35, 1958.
4. E. Pettit, Ap. J., 120, 413, 1954.
5. Б. Е. Маркарян, Сообщения Бюраканской обсерватории, 34, 3, 19, 1963.
6. M. L. Humason, N. U. Mayall, A. R. Sandage, A. J., 61, 97, 1956.

