АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 4 МАЙ, 1968 ВЫПУСК 2

О СТАТИСТИКЕ СВЕРХАССОЦИАЦИЙ В ОТДАЛЕННЫХ ГАЛАКТИКАХ

Р. К. ШАХБАЗЯН

Поступила 26 января 1968

Исследование показало, что из 84 Sc, SBc и Irr галактик, представляющих однородную совокупность, 15 галактик имеют сверхассоциации. Общее количество сверхассоциаций равно 38. Приведены размеры, координаты и предварительные глазомерные оценки светимостей ярких сгущений, обнаруженных на наших снимках этих галактик. Дополнительно приводятся данные о 24 сверхассоциациях, наблюденных в семи галактиках, не включенных в нашу статистику.

Рассматривается зависимость частоты встречаемости сверхассоциаций от светимости, Бюраканского класса и других характеристик галактик.

Просмотр изображений большого числа спиральных и неправильных галактик показал, что комплекс 30 Doradus в БМО не является единственным в своем роде объектом и что подобные сверхассоциации высокой светимости и больших размеров наблюдаются и в некоторых отдаленных галактиках.

Предварительное исследование сверхассоциаций впервые было выполнено в Бюраканской обсерватории В. А. Амбарцумяном, С. Г. Искударян, К. А. Саакян и автором [1]. Это исследование показало, что из 68 галактик, в основном, типа Sc, а частично Sb и др., отобранных более или менее случайным образом, 12 галактик имеют сверхассоциации, причем, последние в большинстве своем встречаются в галактиках высокой светимости.

С 1964 года мы приступили к более детальному исследованию сверхассоциаций в Sc, SBc и Irr галактиках.

Уже поверхностный просмотр ярких сгущений в галактиках показывает, что в распределении этих сгущений по светимости нет какого-либо резкого минимума, соответствующего границе между обыч-

ными ассоциациями и сверхассоциациями. Поэтому, хотя мы и в этой работе продолжаем считать сверхассоциациями конденсации с $M < -14^m.0$, мы вполне сознаем, что граница эта условна и введена нами лишь для того, чтобы легче было выявить некоторые характерные особенности этих ярких голубых сгущений в галактиках.

Следует упомянуть, что термин „сверхассоциация" применялся еще до работы [1] в отношении больших ассоциаций различными авторами (см. напр. А. Т. Каллоглян [2] и [3] и В. Бааде [4]). Однако систематическое изучение этих объектов, связанное с уточнением самого понятия, было начато в работе [1].

Программа и методика наблюдений. Наше исследование сверхассоциаций можно разделить на две части:

1. Статистическая часть. Сюда входит определение частоты встречаемости сверхассоциаций в Sc, SBc и Irr галактиках и глазомерные оценки яркостей, а в некоторых случаях и цветов сгущений порядка сверхассоциаций, обнаруженных в этих галактиках.

2. Фотометрия обнаруженных сверхассоциаций.

Настоящая статья посвящена статистике сверхассоциаций. Результаты двухцветной, а частично трех и четырехцветной фотометрии некоторых наиболее ярких сверхассоциаций будут опубликованы позднее.

Наблюдательный материал для настоящей работы отобран следующим образом:

Из каталога Шепли-Эймс были взяты все галактики Sc, SBc и Irr, ярче $12^m.5$, которые находятся севернее $-10°$ по склонению, имеют известные лучевые скорости и отстоят от нас не более 25 *мпс*. В соответствии с этим, нашим исследованием было охвачено 84 галактики, в том числе 72 Sc, 5 SBc и 7 Irr галактик.

Поскольку изображения большинства галактик нашей программы на картах Паломарского атласа передержаны, мы не всегда знали заранее, имеет ли галактика сверхассоциацию, какова ее яркость и насколько звездообразно ее изображение. Поэтому снимки почти всех галактик нашего списка были первоначально получены в фотографических лучах с экспозициями, особо подобранными для каждой галактики, с тем, чтобы достаточно хорошо получилось сгущение с $M \leqslant -14^m.0$ в этой галактике. Параллельно на пластинках тех же сортов снималась стандартная область. В редких случаях в качестве указанных первоначальных снимков использовались уже имеющиеся в Бюракане негативы, полученные в других целях. Если после просмотра полученных предварительных снимков оказывалось, что галактика

имеет яркое сгущение, которое может оказаться сверхассоциацией, было получено с соответствующими экспозициями и методикой по 2—3 снимка галактики для фотометрических целей в фотографических лучах, в желтом, а в некоторых случаях и в других цветах.

Наблюдения проводились на 21″ и 40″ Шмидт—телескопах Бюраканской обсерватории. Снимки в фотографических лучах получались без фильтра на пластинках „Kodak OaO", „ZU—2 Agfa Astro Platten Special" и „Agfa Astro Platten Special". Для полученных желтых величин мы пользовались пластинками „Kodak OA—D" в сочетании с фильтром GG 11. Наши системы фотографических и желтых величин близки к международным. Для получения нескольких оранжевых и ультрафиолетовых снимков мы пользовались комбинациями „Kodak OaE" фильтр „OG1" и „ZU—2" фильтр „UG2".

Просматривая изображения сверхассоциаций, мы видим, что по своему виду они сильно отличаются друг от друга. В соответствии с этим

1. Для случаев наличия компактных сгущений с изображениями близкими к звездным, стандартная область снималась фокально.

2. В случае, когда изображение сверхассоциации несколько отличалось как по плотности, так и по размерам от фокальных изображений звезд, стандартная область снималась несколько внефокально (смещение от фокуса на 0.1 *мм* или на 0.15 *мм*).

3. Для сверхассоциаций, имеющих однородное, расплывчатое изображение, совершенно отличное как по плотности, так и по размерам от фокальных изображений звезд, область сравнения снималась внефокально (на 4 *мм*).

Если сверхассоциация имела неоднородное, расплывчатое изображение и представляла собой комплекс сгущений, то галактика снималась со смещением фокуса на 0.1 *мм* и изображение сверхассоциации сравнивалось с внефокальными изображениями (на 4 *мм*) стандартных звезд.

Вышеописанная методика была применена при фотометрических определениях интегральных звездных величин сверхассоциаций. В настоящей работе приводятся только результаты глазомерных оценок яркостей сгущений, определенные путем сравнения их изображений с фокальными или несколько смещенными от фокуса (на 0.1 *мм* или на 0.15 *мм*) изображениями стандартных звезд. Для тех случаев, когда вследствие протяженности изображения сгущения стандартная область в желтых лучах снималась внефокально (на 4 *мм*), мы отказались от глазомерных оценок в этом цвете. В дальнейшем весь собранный материал был подвергнут обработке на микрофотометре. Результаты этой обработки будут опубликованы в другой статье.

Необходимо отметить, что точность приведенных глазомерных оценок сильно зависит от того, насколько звездообразно изображение объекта. Тогда как в случае звездообразных изображений ошибки в оценках не превышают 0^m2, в случае, когда изображение объекта сильно отличается от звездных, они могут достигать 0^m5 и больше. Причем, сравнение глазомерных и фотометрических определений звездных величин показывает, что глазомерно сгущения систематически оцениваются слабее.

Для большинства галактик мы пользовались модулями расстояний, определенными по красным смещениям, полученным Хьюмасоном и Мейолом [5]. Для постоянной Хаббла мы принимали значение $H = 75$ *км/сек* на *мпс*. Для галактик с лучевыми скоростями, меньшими 800 *км/сек* мы пользовались фотометрическими определениями $m - M$, взятыми из списка Холмберга [6] и приведенными к принятому нами значению постоянной Хаббла. В случае, когда галактика являлась членом группы или скопления галактик, для $m - M$ мы пользовались значением модуля расстояния для данной группы или скопления [7]. Основой для определения величин при наших измерениях служили снимки звезд NPS и в некоторых редких случаях — снимки открытых скоплений NGC 1444, 6802 и 1647, звездные величины членов которых в системе UBV приведены в [7].

Обсуждение результатов. После глазомерных оценок яркостей всех обнаруженных сгущений оказалось, что из 84 галактик 15 содержат одну или несколько сверхассоциаций. Общее число сверхассоциаций в этих галактиках равно 38. Причем, из 72 Sc галактик 13 имеют сверхассоциации, из 5 SBc одна и из 7 Irr (среди которых 4 Irr 1 типа) одна Irr 1 типа имеет сверхассоциации. Из остальных 69 галактик 8 хотя и имеют сгущения порядка сверхассоциаций, но утверждать, что они по абсолютной величине $< -14^m0$ мы не можем, так как из-за их расплывчатости сделанные пока оценки величин очень грубы. Это галактики NGC 4631, 2537, 2403, 3294, 4030, 5248, 5668 и 3672.

Данные о галактиках, содержащих сверхассоциации, и о ярких сгущениях, наблюдаемых в этих галактиках, приведены в табл. 1. В табл. 1а приведены еще 7 галактик, включенных в исследование дополнительно. Последние не могут быть безоговорочно использованы для статистики по следующим причинам: галактики NGC 2276, 5676, 5678 и 7448 находятся на расстояниях, больших 25 *мпс*, NGC 4027 и 4038—39 находятся ниже $-10°$ по склонению и NGC 4861 имеет $m_{pg} > 12^m5$. Но все они весьма интересные галактики, содержащие яркие сверхассоциации. Наличие сверхассоциаций в NGC 2276, 5676, 5678 и 7448 было известно нам из первой нашей работы по сверхассоциациям [1]. Галактики

NGC 4027 и 4038—39 физически связаны друг с другом. Особенно интересна галактика NGC 4038—39, удивительно богатая сверхассоциациями. Наконец, неправильная галактика NGC 4861 имеет яркое сгущение на краю, по яркости и размерам аналогичное 30 Doradus в БМО.

В первом столбце табл. 1 и 1а приведен номер NGC и порядковый номер сверхассоциации в галактике.

Во втором — хаббловский тип галактики.

В третьем столбце — модули расстояний, определенные по вышеописанному способу.

В четвертом столбце даны абсолютные величины галактик, причем, их видимые интегральные величины взяты из работы [5] и лишь при отсутствии этих данных в [5] мы пользовались каталогом ван-ден-Берга [8]. В последнем случае абсолютные величины в табл. 1 и 1а обозначены звездочкой.

В столбцах 5 и 6 приведены классы ядер галактик по Бюраканской классификации и их фотографические абсолютные величины, исправленные за галактическое поглощение. При этом для классов 4 и 5 даны фотометрические определения абсолютных величин ядер, в случае же класса 2 приводятся лишь верхние границы их светимостей. Данные о ядрах галактик взяты из еще не опубликованной работы С. Г. Искударян [10].

В седьмом столбце приведено число сверхассоциаций в данной галактике.

В 8 и 9 столбцах даны соответственно глазомерные оценки абсолютных величин и показателей цвета сверхассоциаций. Поправка за галактическое поглощение учитывалась по формуле $A = 0.24\ \mathrm{cosec}\, b$.

В столбцах 10 и 11 даны координаты $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$ сверхассоциаций по отношению к центру галактики в секундах дуги.

В столбце 12 даны расстояния сверхассоциаций от центра галактики в секундах дуги, исправленные за наклон галактики. Эти расстояния не приведены для NGC 4038—39, 4861 и 4517 из-за отсутствия определенного центра в этих галактиках.

В последнем столбце приведены размеры наблюденных в галактиках сверхассоциаций в секундах дуги.

Примечания к таблице 1 и 1а.

NGC 1084. Сверхассоциация находится на конце слабой северо-восточной ветви галактики. NGC 1084 имеет аморфный фон высокой поверхностной яркости и слабые ветви, которые не выходят из ее центра. Тогда как в голубых лучах сгущение по своему виду почти не отличается от звезд, в ультрафиолетовых, желтых и оран-

Таблица 1

СВЕРХАССОЦИАЦИИ В ГАЛАКТИКАХ ОСНОВНОГО СПИСКА

NGC	Тип	$m-M$	M_r	Класс	M_g	N	M_{Ca}	CI	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	r	d
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
157	Sc	$32^m.0$	$-21^m.0$	5	$-15^m.6$	5						
1							$-15^m.3$	$+0^m.3$	+19″	+ 9″	21″	4″
2							−14.7	+0.3	+ 14	0	16	5
3							−14.8	+0.4	− 25	0	35	5
4							−15.0	+0.3	− 39		53	4
5							−14.9	+0.1	− 14	−43	45	7
1073	SBc	31.5	−19.9	2	>−13.9	1						
1							−14.6	+0.2	− 15	− 8	17	6
1084	Sc	31.5	−20.4	2	>−14.8	1						
1							−16.0	−0.2	+ 31	+18	53	5
1087	Sc	31.6	−20.2	4	−15.8	7						
1							−14.8	+0.4	+ 38	00	38	13
2							−14.8		− 15	+ 2	15	5
2′							−14.8		− 22	00	22	4
3							−14.2	+0.4	+ 10	+18	30	5
4							−14.2		+ 5	−16	26	5
5							−14.3	+0.1	− 5	−24	38	5 7
6							−14.3	+0.3	− 13	−16	29	5
3370		31.2	−18.8	4	−15.6	2						
1							−14.4		− 7	+18	18	3
2							−14.4		− 10	+11	16	3
3430		31.8	−19.8	2	−14.7	1						
1							−15.2	−0.2	+ 27	+19	39	6
3631	Sc	31.0	−20.1*	2	>−14.5	3						
1							−14.6	−0.2	+ 66	−17	68	7
2							−14.2	+0.2	− 8	−42	43	8
3							−14.1	0.0	− 2	−60	60	8
4178	Sc	30.6	−18.8*	2	—	3						
1							−14.6		− 52	−88	97	7
2							−14.3		− 59	−88	103	6
3							−14.6		− 57	−46	95	8
4254	Sc	30.6	−20.4	4	−15.6	2						
1							−14.7	+0.3	+104	+20	106	11 8
2							−14.1	−0.2	+ 17	+10	20	4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4303	Sc	30.6	$-20^m.6$	4	—17.6	4						
1							—14.1		+24	+63	67	6
2							—14.5		—23	+68	72	5
3							—14.3		+43	+10	44	6
4							—14.9		—11	—42	43	8 7
4517	Sc	30.8	—19.7*	1	—	1						
1							—14.4	к северозападу от ядра				5
4656	Irr I	30.0	—19.2*	2	—	2						
1							—14.8		—22	00	22	7
2							—14.2		+87	+120		7
4775	Sc	31.6	—20.0*	2	>—14.5	2						
1							—15.2		+ 5	— 30	30	8
2							—15.1		+29	— 20	36	12
6412	Sc	31.8	—19.4	4	—15.8	1						
1							—15.5	—0.1	—11	+ 34	36	6
6643	Sc	31.8	—20.0	2	>—15.8	3						
1							—15.4	—0.3	+ 9	— 20	39	10
2							—15.5	—0.1	—21	— 13	30	8
3							—15.1	0.0	+14	+ 18	22	5

жевых оно по своей плотности и размерам определенно отличается от изображений звезд ее яркости. По Хишену [9] и Товмасяну [12] NGC 1084 является источником радиоизлучения. В галактике была обнаружена вспышка сверхновой [16].

NGC 1087 — наиболее богатая сверхассоциациями галактика. Две яркие сверхассоциации № 1 и 2 расположены на концах перемычки, остальные сгущения находятся в аморфных ветвях галактики, которые почти теряются на сильном фоне ее. Сгущение 2 расщепляется на две части, каждая из которых является объектом порядка сверхассоциации. Галактика является членом группы NGC 1068. Интересно, что три члена этой группы: NGC 1084, 1087 и 1073 вошли в наш список галактик, имеющих сверхассоциации. NGC 1068—типа Sb и не входит в наше исследование, но она тоже имеет сверхассоциацию. NGC 1068, 1084 и 1073 — источники радиоизлучения [9], [11], [12], а в NGC 1084 и 1073 были наблюдены вспышки сверхновых [16]. Ходж обнаружил 26 H II областей в NGC 1087 [14].

Таблица 1а

СВЕРХАССОЦИАЦИИ В НЕКОТОРЫХ ИЗБРАННЫХ ГАЛАКТИКАХ

NGC	Тип	$m-M$	M_r	Класс	M_u	N	M_{Cs}	CI	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	r	d
2276	Sc	$32^m.7$	$-20^m.7$	4	$-16^m.9$	2						
1							$-16^m.5$	$+0^m.2$	$-41''$	$+18''$	$45''$	$7''$
2							−16.4	+0.1	−33	−19	38	6
4027		31.7	−20.1*			5						
1							−15.0		+31	+46	63	7
2							−14.5		+31	+ 9	36	3
3							−14.5		+24	+11	31	3
4							−14.4		−23	− 9	28	4
5							−15.0		− 3	−25	25	6
4038——39	Scp	31.4	−20.6	4	−16.3	10						
1							−15.9					8
2							−14.7					6
3							−15.4					6
4							−14.9					5
5							−14.5					7
6							−14.9					6
7	ядро 1						−15.7					6
8							−14.7					6 5
9							−14.7					5
10							−15.5					6 8
11							−14.7					6
12	ядро 2						−15.7					10
4861	Irr I	30.2	−17.5*	2	—	1						
1							−16.0					11
5676	Sc	32.5	−20.8	4	−15.5	2						
1							−15.1		+26	+26	37	5 5
2							−15.6		+10	+23	29	6
5678	Sc	32.6	−20.5*	2	>−14.9	1						
							−15.9		00	−25	25	7
7448	Sc	32.8	−20.8	4	−17.3	1						
							−17.6	−0.2	−15	−33	39	8

NGC 3430. Сверхассоциация имеет почти звездообразное изображение и находится в точке пересечения одной из ярких и слабой ветвей галактики на расстоянии около 9000 *пс* от ее центра.

NGC 2276. Галактика имеет множество разветвляющихся рукавов, в одном из которых находятся два сгущения по яркости почти равные яркости ядра. В NGC 2276 нами были обнаружены две вспышки сверхновых, происшедшие в 1962 и 1968 г.г. [15], [22].

NGC 4038—39 — тесная пара пекулярных галактик, описанная Шепли и Параскевопулосом еще в 1940 году [17]. Объект входит в список взаимодействующих галактик Воронцова-Вельяминова [19]. Галактика очень богата сверхассоциациями, интегральная светимость которых составляет 12% светимости всей галактики. Сгущения расположены вдоль ветвей. В работе о спектрофотометрии NGC 4038—39 Барбиджи отмечают большие скорости удаления материи из центральных областей этой пары [18]. Галактика имеет радиоизлучение [20] и в ней наблюдалась вспышка сверхновой [16].

NGC 4254 — член скопления в Деве. Галактика богата яркими сгущениями порядка сверхассоциаций, наиболее яркое из которых находится в конце ветви. Галактика имеет радиоизлучение [11] и [12].

NGC 4303 — типа SaB (rs) bc. Галактика имеет яркое ядро и широкую слабую перемычку. Приведенные в табл. 1 данные соответствуют допущению, когда галактика считается членом скопления в Деве; если для модуля расстояния принять значение 31.6, соответствующее лучевой скорости галактики, то светимости как самой галактики, так и ядра и всех сгущений в ней увеличатся на одну величину. Галактика имеет радиоизлучение [12] и в ней наблюдались четыре вспышки сверхновых.

NGC 4861. Особый интерес представляют случаи, когда в галактиках низкой поверхностной яркости и малой светимости, с очень слабыми ядрами мы обнаруживаем конденсации высокой светимости. Так, светимость „ядра" этой „кометообразной" галактики составляет 25% светимости всей галактики. На красной карте Паломарского атласа и на репродукции Атласа Арпа [13] замечается некоторая очень слабая концентрация в слабой части галактики. Яркая конденсация находится на краю галактики и по виду напоминает голубые объекты Аро. Сгущение на голубой карте Паломарского атласа интенсивнее, чем на красной. Барбиджи отмечают наличие довольно голубого непрерывного спектра этой конденсации [21]. Хотя не исключено, что сгущение в NGC 4861 является голубым ядром Irr галактики,

однако нам кажется более вероятным, что в данном случае мы скорее имеем дело со сверхассоциацией. Заметим, что БМО, NGC 2366, 4395, IC 2574 и другие галактики типа Магеллановых Облаков при определенной ориентации плоскости галактики и яркого сгущения в ней, выглядели бы также в виде кометообразных галактик.

NGC 5678. На наших снимках видна лишь часть западной ветви галактики, на южном конце которой находится сверхассоциация. В галактике много поглощающей материи, которая в частности примыкает к сверхассоциации с северной ее стороны. Сгущение далеко не звездообразное. Интересно, что яркость его в фотографических лучах более чем на одну величину больше яркости ядра галактики, которую де Вокулер причисляет к типу SA (rs) bc.

NGC 6412. Сверхассоциация находится на севере галактики в конце одной из ее слабых ветвей. Изображение сгущения на наших снимках почти звездообразное, оно имеет компактный вид и на репродукции 38 Атласа Арпа [13] со снимка, полученного на 200″ телескопе. Значение оранжевого показателя цвета, равное $+0^m.5$, указывает на то, что сверхассоциация является H II областью.

NGC 7448. Галактика имеет высокую поверхностную яркость. Сгущение представляется ярким расплывчатым пятном на сильном аморфном фоне галактики. На репродукции 13 Атласа Арпа [13] со снимка, полученного на 200″ телескопе, видно, что сверхассоциация представляет собой комплекс нескольких сгущений.

Для галактик NGC 7448, 3370, 4178, 4517 и 4775 мы приводим фотометрические определения абсолютных звездных величин сверхассоциаций, так как из-за их расплывчатости глазомерные оценки были бы слишком грубы.

В наших списках сверхассоциаций имеется пять объектов, по размерам своим превышающих тысячу парсек. Являются ли эти объекты комплексами обычных ассоциаций, или это по природе своей отличные от них образования, могут показать лишь снимки, полученные на более крупномасштабных телескопах. Переведя размеры сверхассоциаций в парсеки и подсчитав средний диаметр всех 62 исследованных сверхассоциаций, мы получаем значение равное 610 *пс*. Необходимо отметить, что эффекты оптические, фотографические, атмосферные и гидировочные неизбежно приводят к искусственному увеличению размеров сверхассоциаций. С целью исключения этих эффектов размеры всех сверхассоциаций должны быть уменьшены примерно на 25%. Тогда для среднего диаметра сверхассоциаций мы получим значение равное 460 *пс*. Это число находится в хорошем соответствии с

размерами 30 Doradus, если не считать внешние слабые части этого комплекса.

На основании данных табл. 1, а также данных об абсолютных величинах всех галактик, подвергнутых исследованию, но не содержащих сверхассоциаций, можно вывести средние числа сверхассоциаций, приходящихся на галактику, принадлежащую каждому интервалу абсолютных звездных величин. Эти числа приведены в табл. 2, которая аналогична табл. 2 в работе [1], с той лишь разницей, что интервал $M > -20^m.0$ здесь разделен на два следующих интервала: $M > -19^m.0$ и $-20^m.0 < M \leqslant -19^m.0$. Для сравнения мы воспроизводим здесь и эту старую таблицу (табл. 2а). Напомним, что N—число

Таблица 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕРХАССОЦИАЦИЙ ТАБЛИЦЫ 1 ПО АБСОЛЮТНЫМ ВЕЛИЧИНАМ ГАЛАКТИК

Интервал M	N	N'	ν
$M > -19^m.0$	38	2	0.1
$-20^m.0 < M < -19^m.0$	27	5	0.2
$-20^m.5 < M < -20^m.0$	14	6	1.3
$M < -20.5$	5	2	1.8

Таблица 2а

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕРХАССОЦИАЦИЙ РАБОТЫ [1] ПО АБСОЛЮТНЫМ ВЕЛИЧИНАМ ГАЛАКТИК

Интервал M	N	N'	ν
$M > -20^m.0$	28	3	0.2
$-20^m.5 < M < -20^m.0$	11	1	0.6
$M < -20^m.5$	8	6	2.0

галактик в различных интервалах абсолютных величин, N' — число галактик, содержащих сверхассоциации в том же интервале абсолютных величин и ν — среднее число сверхассоциаций, приходящихся на одну галактику данного интервала светимости. Заметим, что в подсчеты, приведенные в табл. 2, не включены галактики табл. 1а, поскольку последние не представляют какую-либо однородную совокупность. Сравнение табл. 2 и 2а показывает, что число галактик с $M > -20^m.0$ в настоящем исследовании почти вдвое больше, а число сверхгигантских галактик, наоборот, меньше, чем в нашей первой работе по сверхассоциациям [1]. В работе [1] была допущена описка в значении ν для интервала $-20^m.5 < M \leqslant -20^m.0$ и мы приводим в табл. 2а исправленное значение, равное 0.6. В табл. 2 для ν в том же интервале мы получаем значение 1.8. Эта разница обусловлена в основном тем, что в настоящее исследование вошла галактика NGC 1087, особенно богатая сверхассоциациями, и что эта галактика по своей светимости попадает в интервал $-20^m.5 < M \leqslant -20^m.0$; если бы ее не было в нашем списке, то в вышеуказанном интервале светимостей мы получили бы для ν значение 0.8, что довольно близко к значению 0.6, приведенному в табл. 2а.

Табл. 2 подтверждает вывод, сделанный в работе [1] о том, что сверхассоциации встречаются почти исключительно в гигантских и сверхгигантских галактиках.

В табл. 3 приведены числа сверхассоциаций, приходящихся на данный интервал их светимостей. При составлении табл. 3 были использованы все галактики таблиц 1 и 1а.

Таблица 3

Интервал светимостей сверхассоциаций	Число сверхассоциаций
$-14^m.0 > M > -15^m.0$	31
$-15.0 > M > -16.0$	19
$-16.0 > M > -17.0$	5
$-17.0 > M > -18.0$	1

Представляет интерес зависимость частоты встречаемости сверхассоциаций от других характеристик галактик. Одной из важных характеристик следует считать введенные в Бюракане числа (классы) для оценки центрального сгущения. Гистограммы 1, 2 и 3 в совокупности дают статистические данные, характеризующие связь между классом галактики (по Бюраканской классификации) и наличием в ней сверхассоциации. Гистограмма 1 показывает распределение 75 галактик по Бюраканским классам*. Гистограмма 2 дает то же распределение для галактик, содержащих сверхассоциации. Гистограмма 3 дает суммарные числа сверхассоциаций для каждого класса. Из ги-

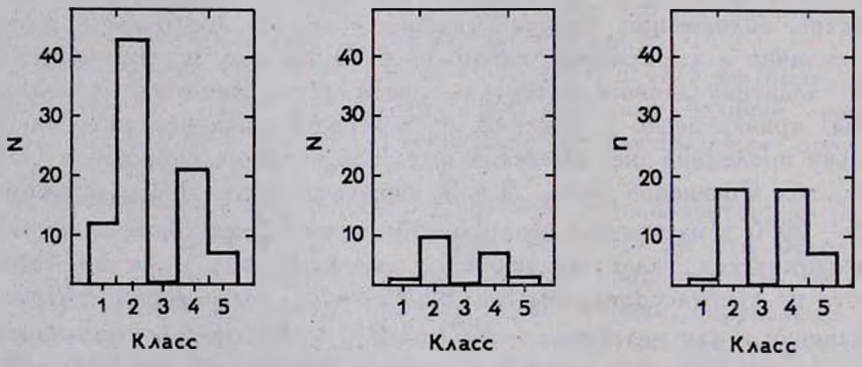

Рис. 1—3. 1) Распределение галактик по Бюраканским классам. 2) Распределение галактик, содержащих сверхассоциации по Бюраканским классам. 3) Суммарные числа сверхассоциаций для каждого класса (по Бюраканской классификации).

* Бюраканский класс остальных девяти галактик нам неизвестен.

стограмм 1 и 2 видно, что распределение Галактик, имеющих сверхассоциации по классам примерно такое же, как и распределение по классам всех галактик нашего исследования. Гистограмма 3 указывает на то, что среди галактик класса 4 больше галактик, содержащих по несколько сверхассоциаций.

Большой интерес представляет зависимость между абсолютной звездной величиной ярчайшей сверхассоциации и числом сверхассоциаций в галактике, приведенная на диаграмме рис. 4. При составлении этой зависимости были использованы данные как табл. 1, так и табл. 1а. Из рис. 4 видно, что среди галактик, богатых сверхассоциациями, нет галактик, содержащих сверхассоциации высокой светимости, то есть, если в галактике много сверхассоциаций, то их светимости невысоки.

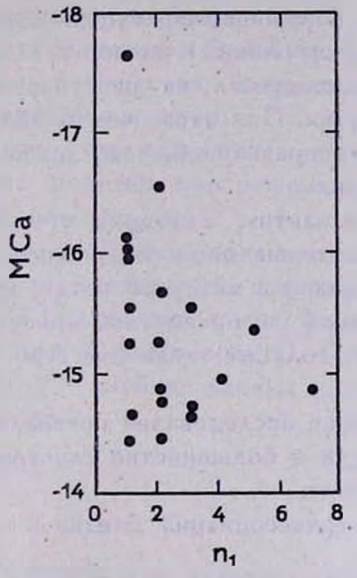

Рис. 4. Зависимость между абсолютной звездной величиной ярчайшей сверхассоциации и числом сверхассоциаций в галактике.

Просматривая списки галактик, имеющих радиоизлучение [9], [11] и [12], а также список сверхновых [16], мы видим, что из 15 галактик нашего исследования, содержащих сверхассоциации, по имеющимся у нас данным, восемь наблюдены в радиодиапазоне и из этих восьми галактик шесть имеют радиоизлучение; с другой стороны, из 41 галактики, наблюденной в радиоволнах и не имеющей сверхассоциаций, 26 показывают заметное радиоизлучение. Таким образом, 75 % галактик, содержащих сверхассоциации, имеют заметное радио-

излучение, этот процент для галактик, не содержащих сверхассоциаций, равен 65.

С другой стороны, из 15 галактик табл. 1, содержащих сверхассоциации, в пяти имели место вспышки сверхновых (36%), а в остальных 69 галактиках нашего исследования, не имеющих сверхассоциаций, вспышки сверхновых наблюдались в 13 галактиках (19%). Однако трудно пока утверждать, что это различие не обусловлено случаем.

Для выявления возможных характерных особенностей галактик, содержащих сверхассоциации, все 91 галактика нашего исследования были вновь просмотрены на картах Паломарского атласа. Изображения 39 галактик оказались настолько передержанными на картах, что мы исключили их из обзора. В целях исключения эффекта расстояния на результаты сравнивались галактики, находящиеся почти на одинаковых расстояниях. Обзор показал, что:

1. Подавляющее большинство сгущений порядка сверхассоциаций находятся на периферийных частях галактик или на участках спиральных ветвей, находящихся на расстояниях не менее пол-оборота от центра галактики. При этом, чем ближе спиральная галактика по своей структуре к неправильной, тем дальше по ветви находится наиболее яркое сгущение.

2. Большинство галактик, имеющих сгущения порядка сверхассоциаций, имеют относительно плохо очерченные, расплывчатые, часто обрывающиеся поглощающей материей ветви, которые накладываются на аморфный фон высокой поверхностной яркости. По внешнему виду они иногда напоминают голубые галактики Аро.

Выводы. Настоящее исследование показало, что:

1. Сверхассоциации в большинстве случаев встречаются в галактиках высокой светимости.

2. Светимости сверхассоциаций близки к светимостям ядер Sc и SBc галактик.

3. Светимости сверхассоциаций в галактиках богатых сверхассоциациями ниже, чем в галактиках бедных сверхассоциациями.

4. Сверхассоциации в основном наблюдаются в ветвях галактик, на их участках, достаточно отдаленных от центра галактики.

Наличие сверхассоциаций в галактиках указывает на то, что в некоторых из них протекают весьма интенсивные процессы звездообразования. Мы пока не можем сказать, существует ли качественное отличие между сверхассоциациями и обычными ассоциациями и являются ли абсолютная величина и размеры основными критериями, отличающими их от ассоциаций, или имеются другие, быть может более важные характеристики этих ярких голубых сгущений. Изучение пока

единственной сверхассоциации — 30 Doradus, доступной для более детального исследования, и обнаружение в ней большого числа звезд Вольф—Райе, а также природа ее радиоизлучения уже указывают на качественное отличие этого комплекса от обычных ассоциаций. Возможно, дальнейшее исследование сверхассоциаций позволит выявить такие особенности этих ярких конденсаций, что принятый нами критерий для светимости сверхассоциаций приобретет второстепенное значение.

Если принять, что сверхассоциации возникают из вещества, выброшенного ядром данной галактики, то присутствие их так же, как и обычных ассоциаций в спиральных и неправильных галактиках указывает на то, что эти типы соответствуют особому этапу в жизни галактики, когда видны результаты имевшей недавно место большой активности ядра, сопровождающейся выбросами более или менее массивных сгустков дозвездного вещества. Само ядро вследствие этих выбросов должно было истощаться и ослабевать, а процессы звездообразования из дозвездного вещества, выброшенного из ядра, приобретать особенно интенсивный характер.

Поэтому нам кажется, что дальнейшее исследование сверхассоциаций безусловно будет полезно при решении некоторых вопросов, связанных с эволюцией галактик.

В заключение автор выражает признательность В. А. Амбарцумяну за руководство и постоянный интерес к работе, а также Б. Е. Маркаряну и А. Т. Каллогляну за консультацию при обработке методики наблюдений. Автор благодарен С. Г. Искударян за любезное предоставление еще не опубликованных данных о классах и светимостях ядер Sc галактик.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON THE STATYSTICS OF SUPERASSOCIATION IN DISTANT GALAXIES

R. K. SHAHBASIAN

An investigation of 84 Sc SBc and Irr galaxies, representing quite an homogenous material, showed that 15 of them possess superassociations. The total number of the founded superassociations is 38. The dimensions, the coordinates as well as the preliminary visual estimations of absolute magnitudes of condensations, discovered on our plates are given. The date concerning farther 24 superassociations, observed in seven other galaxies are additionaly included in this paper.

The relation between the luminosity, Byurakan class and other parameters of galaxies and the frequency of appearence of superassociations is investigated as well.

ЛИТЕРАТУРА

1. *В. А. Амбарцумян* и др., Сообщ. Бюр. обс., 33, 3, 1963.
2. *А. Т. Каллоглян*, Автореферат, Ереван, 1959.
3. *А. Т. Каллоглян*, ДАН АрмССР, 33, 205, 1961.
4. *W. Baade*, Evolution of Stars and Galaxies, Cambridge, Massachusetts, 1963.
5. *M. L. Humason, N. U. Mayall, A. R. Sandage*, A. J., 61, 97, 1956.
6. *E. Holmberg*, Arkiv for Astronomi, Band 3, Hafte 5, 1965.
7. *A. A. Hoag* et al., Public. United States Naval Obs., 17, part 3, 1961.
8. *Van den Bergh*, Publ. David Dunlap Obs., 2, No. 6, 1960.
9. *D. S. Heeshen, C. M, Wade*, A. J., 69, 277, 1964.
10. *С. Г. Искударян*, Астрофизика, 4, 3 (в печати).
11. *H. M. Towmassian*, Austr. J. Phys., 19, 883, 1966.
12. *H. M. Towmassian*, Austr. J. Phys., (в печати).
13. *H. Arp*, Atlas of Recular Galaxies, California Institute of Technology, Pasadena, 1966.
14. *P. W. Hodge*, A. J., 72, 129, 1967.
15. *С. Г. Искударян, Р. К. Шахбазян*, Астрофизика, 3, 133, 1967.
16. *F. Zwicky*, List of Supernovae since 1885, California Institute of Technology, 1964.
17. *H. Shapley, J. S. Paraskevopoulos*, Harvard Reprint, No. 184.
18. *E. M. Burbidge, G. R. Burbidge*, Ap. J., 145, 661, 1966.
19. *Б. А. Воронцов-Вельяминов*, Атлас взаимодействующих галактик, М., 1959.
20. *R. Minkowski*, IAU Symposium, No. 4, 107, Cambridge, Cambridge University Press, 1957.
21. *E. M. Burbidge, G. R. Burbidge*, Ap. J., 138, 873, 1963.
22. *Р. К. Шахбазян*, Астрофизика (в печати).