

Обобщенный χ^2 -метод для изучения проблемы существования сверхскоплений галактик.

II Скопления галактик из каталогов Эйбелла и Цвикки

Марин Калинков, Борислав Томов

1. Введение

В настоящей работе даны результаты применения обобщенного χ^2 -метода [1] для всех скоплений галактик из каталогов Abell [2] и Zwicky [3], которые расположены в области S^* . Чтобы минимизировать влияние галактического поглощения, область S^* центрирована в NGP (как и в работах [4, 5]). Рассматриваемая площадь примерно 1296° . Поскольку в каталоге Эйбелла приведены координаты α и δ для эпохи 1855.0, все координаты скоплений были трансформированы для эпохи 1950.0 и потом определялись галактические координаты B и L (везде — вторая галактическая с.к.) Так как метод нельзя непосредственно применить на поверхности сферы, в качестве проекции выбрана, наверное, самая простая трансформация

$$(1) \quad \begin{aligned} X &= (90^\circ - B) \sin L, \\ Y &= (90^\circ - B) \cos L, \end{aligned}$$

где X и Y даются в градусах. Как можно проверить, для полярных отстояний 25° искривление, вносимое проекцией, примерно 2—3%. Область S^* определяется из

$$(2) \quad -18^\circ < X, Y < +18^\circ.$$

Как видно из (1), $+X$ направлена по большому кругу $L=90^\circ$, $+Y$ — по большому кругу $L=0^\circ$.

Использованы два основных разбиения, определяемые $n_1=36$ (с полным числом возможных разбиений 80) и $n_2=72$ (с полным числом разбиений 143). В первом случае дискретное поле имеет вид

$$\begin{aligned}
 & d_{1,1} \dots \dots \dots d_{1,36} \\
 & d_{2,1} \dots \dots \dots d_{2,36} \\
 & \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 & \dots \dots \dots d_{18,18} \quad d_{18,19} \dots \dots \dots \\
 (3) \quad & \text{NGP} \\
 & \dots \dots \dots d_{19,18} \quad d_{19,19} \dots \dots \dots \\
 & \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 & d_{35,1} \dots \dots \dots d_{35,36} \\
 & d_{36,1} \dots \dots \dots d_{36,36}
 \end{aligned}$$

где d_{ik} обозначено число скоплений в элементарном квадрате (i, k) , имеющем площадь, очень близкую к $1 \square^\circ$. Во втором случае индексы пробегают значения $i, k=1, 2, \dots, 72$ и NGP снова располагается в середине поля, на общей вершине центральных четырех квадратов. В этом случае площадь элементарных квадратов $0,25 \square^\circ$.

Для Abell 5, Abell 6, D и VD скоплений применено разбиение $n_1=36$, а для Abell 1 + \dots + 6 и ED скоплений — $n_2=72$.

2. Скопления Эйбелла

В области S^* содержится 262 скопления Эйбелла. Из них 207 включены Эйбеллом в однородную выборку. Некоторые данные о скоплениях Эйбелла приведены в табл. 1.

Таблица 1

Группы по расстоянию	Δm_{10}	\bar{m}_{10}	\bar{z}	\bar{r}
	$m \quad m$	m		
1	13,3—14,0	13,76	0,027	1,06
2	14,1—14,8	14,40	0,038	0,75
3	14,9—15,6	15,36	0,067	0,43
4	15,7—16,4	15,96	0,090	0,32
A5	16,5—17,2	17,02	0,140	0,20
A6	17,3—18,0	17,64	0,180	0,16
1—4	13,3—16,4	15,54	0,072	0,40

Δm_{10} обозначены границы групп по расстоянию, \bar{m}_{10} — средняя звездная величина (десятой по яркости галактики), а \bar{z} — соответствующее красное смещение. Средний угловой радиус \bar{r} скоплений вычислен непосредственно из \bar{z} . Заметим, что последние три столбца табл. 1 относятся ко всем 1682 скоплениям однородной выборки Эйбелла (ср. с табл. 8 из работы Эйбелла [2]).

Обобщенный χ^2 -метод применен к скоплениям групп по расстояниям 5, 6 и 1—6. Соответствующие случаи обозначены как А5, А6 и АΣ (только для одного скопления $m_{10}=18^m, 1$, и оно отнесено к А6).

В таблице 2 даны сведения о скоплениях, участвующих в обработке, т. е. расположенных в области S^* . Таблица построена таким образом, что

Таблица 2

Группы по расстоянию		Число скоплений в области S^*	\bar{m}_{10}^*	\bar{z}^*	\bar{r}^*
			m		
1—4	все	17	15,52	0,0619	0,52
	в выб.	10	15,36	0,0575	0,56
	не в выб.	7	15,74	0,0689	0,47
А5	все	105	17,08	0,1296	0,28
	в выб.	79	17,08	0,1293	0,28
	не в выб.	26	17,10	0,1307	0,28
А6	все	140	17,65	0,1693	0,23
	в выб.	118	17,63	0,1680	0,23
	не в выб.	22	17,74	0,1765	0,22
АΣ	все	262	17,28	0,1425	0,26
	в выб.	207	17,31	0,1443	0,26
	не в выб.	55	17,18	0,1358	0,27

первая строка для каждой группы содержит данные обо всех скоплениях, вторая — только о скоплениях, включенных в однородную выборку Эйбелла, и третья — о скоплениях, не включенных в выборку.

\bar{m}_{10}^* обозначает среднюю звездную величину для скоплений данного класса в области S^* . Красное смещение \bar{z}^* получено из \bar{m}_{10}^* при помощи регрессии, приведенной в [6]. \bar{r}^* означает угловой радиус скоплений Эйбелла, полученный из соотношений $\bar{r}^* = (1+z)^2/357$ в градусах для модели Фридмана с $q_0=1$. (Отметим, что только здесь применяется релятивистская формула. Во всех остальных случаях все расстояния получены из $V=HR$).

Скопления из групп 1—4 приведены в табл. 2 частично для полноты, поскольку они (из-за малого числа) участвовали только в обработке АΣ скоплений.

Сравнение данных табл. 1 и 2 показывает, что скопления в области S^* ничуть не отличаются от всех 1682 скоплений, образующих однородную выборку Эйбелла. Следовательно, по числу скоплений А5, А6 и АΣ можно рассматривать как представительную выборку из всего каталога Эйбелла. Самое важное состоит в том, что разбиение на элементарные квадратики по 1° можно применять, поскольку $\bar{r}^* < 1^\circ$. С известной осторожностью можно использовать и более сильное утверждение, что $\bar{r}^* < 0,5^\circ$, и применять элементарные квадратики с площадью $0,25^\circ$.

3. Результаты для скоплений Эйбелла

Обобщенный χ^2 -метод, развитый в [1], применен к скоплениям А5 и А6 для $n_1=36$ и к АΣ для $n_2=72$. Результаты представлены в табл. 3, 4 и 5. Они содержат площадь S одного прямоугольника для данного разбиения,

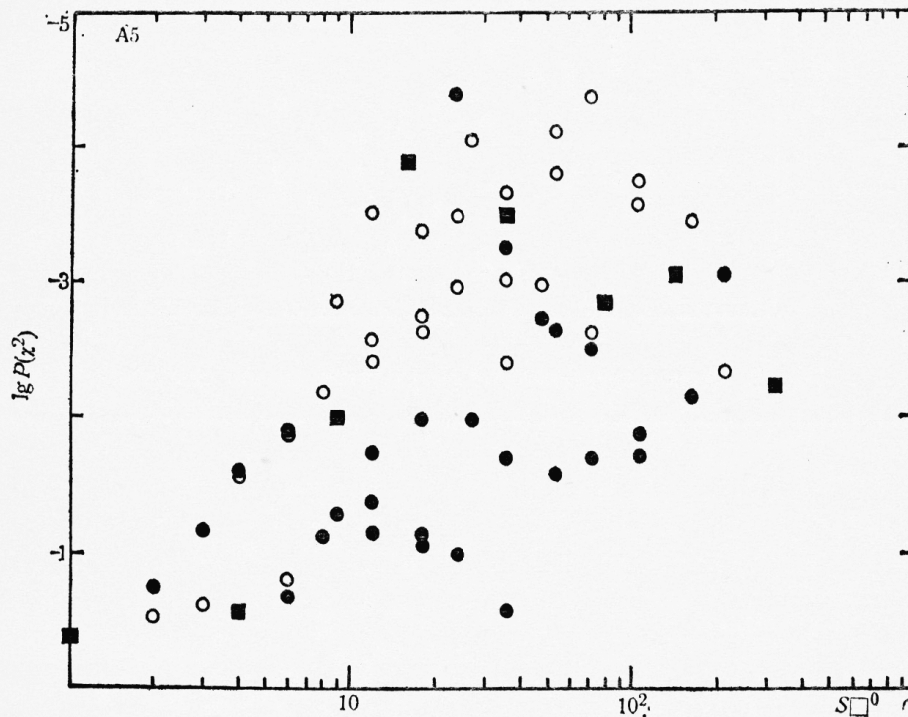


Рис. 1. Первое представление результатов для А5 скоплений

Здесь и далее обозначения следующие: заполненные квадратики для случаев $u=v$, заполненные кружки для $u < v$ и пустые кружки для $u > v$

определяемого $u+1$ (по оси X) и $v+1$ (по оси Y). Очевидно, $S=(u+1)(v+1)\square^0$. Когда $u+1=v+1$, вся площадь S^* покрывается квадратами. (Чтобы не вводить новые обозначения и чтобы S были снова в квадратных градусах, стороны прямоугольников в табл. 5 даны в виде $(u+1)/2$ и $(v+1)/2$). Следующий столбец дает $\bar{d}(u+1, v+1)$ — средняя плотность скоплений для данного разбиения, или число скоплений в прямоугольнике с тремя значащими цифрами. Далее следует дисперсия s^2 (с четырьмя значащими цифрами), квадрат индекса группирования K (с тремя), степени свободы ν , χ^2 (с четырьмя). Последний столбец содержит $P(\chi^2)$ с тремя значащими цифрами, притом числа в скобках представляют степени 10. Во всех случаях $P(\chi^2)$ получена при помощи аппроксимации Уилсона — Хилферти. Удивительно то, что даже при $\nu=1$ эта аппроксимация дает вполне удовлетворительные результаты, что можно легко проверить сравнением с таблицами интеграла вероятностей χ^2 (например, Pearson, Hartly [7], Большев, Смирнов [8]). Заметим, что функция нормального распределения $\Phi(X)$ определялась численно с большой

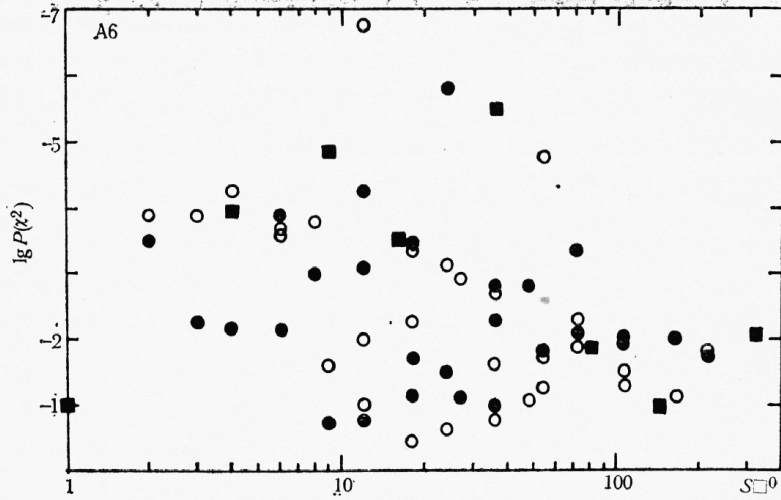


Рис. 2. Первое представление результатов для A6 скоплений

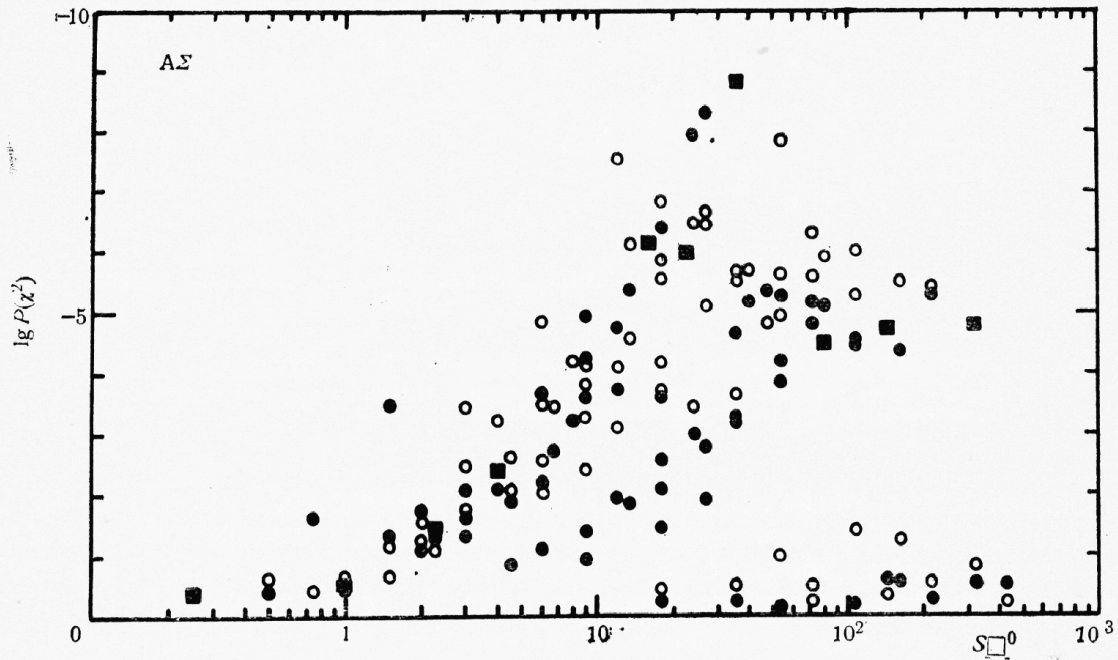


Рис. 3. Первое представление результатов для A скоплени

точностью из интеграла нормального распределения, а при аргументе $X > 6$ применялся известный асимптотический ряд (например [8, 9]).

Представление результатов в удобном виде, предложенном Эйбеллом (его рис. 18–19 [2] или рис. 2 [10]; см. также рис. 1 из работы [1]), дано на рис. 1–3 соответственно для A5, A6 и AΣ. Так как $S \square^{\circ}$ изменяется в большом диапазоне, то не только ордината ($\lg P(x^2)$), но и абсцисса даны в логарифмическом масштабе ($\lg S \square^{\circ}$). Квадратиками обозначены случаи $u = v$, заполненными кружками — $u > v$ и пустыми кружками — $u < v$.

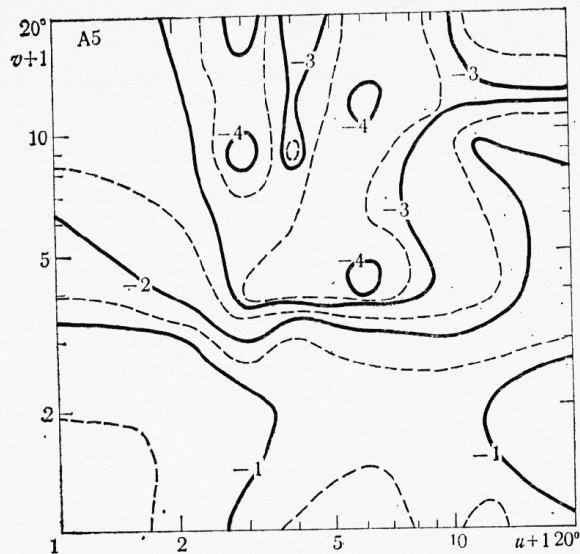


Рис. 4. Второе представление результатов для А5 скоплений

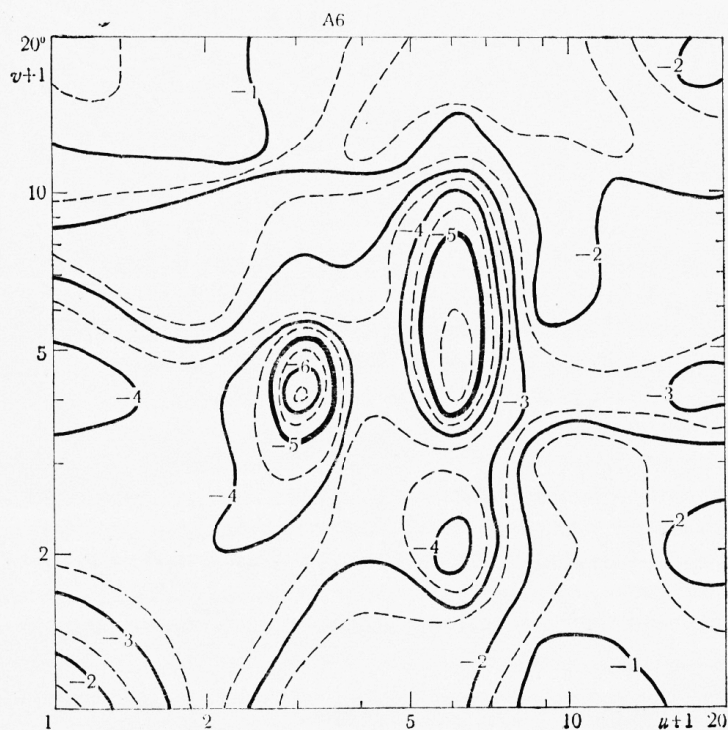


Рис. 5. Второе представление результатов для А6 скоплений

Второе представление результатов, которое является удобным для изучения анизотропии в исследуемом поле (см. рис. 2 из [1]), дано на рис. 4—6 опять в том же порядке — А5, А6 и АΣ. Изовероятностные

кривые получены линейной интерполяцией для $\lg P(\chi^2)$ из табл. 3—5. (Примечание: необходимо обратить внимание на то, что прямые равной площади, как на рис. 2 из [1], относятся только к рис. 4 и рис. 5 из настоящей работы. Для случая рис. 6 легко можно сообразить, что пересе-

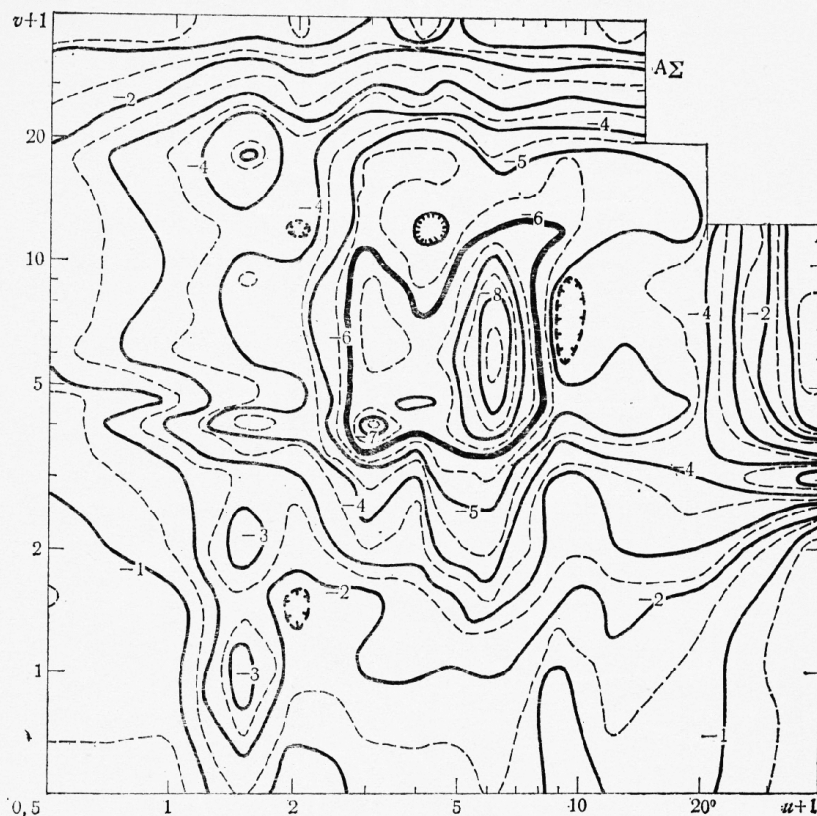


Рис. 6. Второе представление результатов для $A\Sigma$ скоплений

чение прямых равной площади с обозначенными осями не дает сразу истинную площадь.)

Рассмотрим отдельные группы по расстоянию.

Скопления А5. Самое большое отклонение не соответствует квадратному разбиению. Если доверять только случаю $u=v$, характеристическая площадь оказалась бы равной 16 кв° и $\lg P(\chi^2) = -3,89$. В действительности (см. табл. 3 и рис. 1) самых больших отклонений два, притом они равноправны

$$\text{для } 6 \times 4 = 24\text{ кв}^\circ, \lg P(\chi^2) = -4,38,$$

$$\text{для } 6 \times 12 = 72\text{ кв}^\circ, \lg P(\chi^2) = -4,39.$$

Средняя этих двух площадей — 48 кв° , а геометрическое среднее равняется $41,6\text{ кв}^\circ$. Как видно из рис. 4, только эти два из четырех отклонений с $\lg P(\chi^2) < -4$ расположены недалеко от диагонали $u=v$, и поэтому только их можно воспринять как указания для реальных сверхскоплений.

Следовательно, характеристический угловой размер для скоплений второго порядка в группе А5, определяемый как $S^{1/2}$, примерно 6° — 7° .

Таблица 3

Abell 5

S, \square°	$n+1$	$v+1$	\tilde{a}	s^2	K^2	ν	χ^2	$P(\chi^2)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	0,081	0,0822	1,02	1294	1314	4,26(-1)
2	1	2	0,162	0,1669	1,03	646	666,4	2,81(-1)
2	2	1	0,162	0,1700	1,05	646	678,8	1,80(-1)
3	1	3	0,243	0,2540	1,04	430	450,4	2,39(-1)
3	3	1	0,243	0,2679	1,10	430	475,1	6,55(-2)
4	1	4	0,324	0,3745	1,16	322	373,3	2,57(-2)
4	4	1	0,324	0,3745	1,16	322	373,3	2,57(-2)
4	2	2	0,324	0,3374	1,04	322	336,2	2,81(-1)
6	1	6	0,486	0,5952	1,22	214	263,2	1,22(-2)
6	6	1	0,486	0,5952	1,22	214	263,2	1,22(-2)
6	2	3	0,486	0,5300	1,09	214	234,4	1,61(-1)
6	3	2	0,486	0,5207	1,07	214	230,3	2,11(-1)
8	2	4	0,648	0,8382	1,29	160	208,2	6,23(-3)
8	4	2	0,648	0,7512	1,16	160	186,6	7,37(-2)
9	3	3	0,729	0,9401	1,29	142	184,4	9,68(-3)
9	1	9	0,729	1,010	1,38	142	198,1	1,32(-3)
9	9	1	0,729	0,8702	1,19	142	170,6	5,08(-2)
12	1	12	0,972	1,373	1,41	106	151,1	2,67(-3)
12	12	1	0,972	1,261	1,30	106	138,8	1,80(-2)
12	2	6	0,972	1,354	1,39	106	149,0	3,75(-3)
12	6	2	0,972	1,167	1,20	106	128,5	6,78(-2)
12	3	4	0,972	1,485	1,53	106	163,4	2,93(-4)
12	4	3	0,972	1,204	1,24	106	132,6	4,11(-2)
16	4	4	1,30	2,161	1,67	79	133,7	1,32(-4)
18	1	18	1,46	2,224	1,52	70	108,2	2,31(-3)
18	18	1	1,46	1,773	1,22	70	86,31	9,01(-2)
18	3	6	1,46	2,393	1,64	70	116,5	4,19(-4)
18	6	3	1,46	2,054	1,41	70	100,0	1,08(-2)
18	2	9	1,46	2,252	1,54	70	109,6	1,76(-3)
18	9	2	1,46	1,801	1,24	70	87,68	7,49(-2)
24	2	12	1,94	3,261	1,68	52	88,88	1,11(-3)
24	12	2	1,94	2,393	1,23	52	65,23	1,03(-1)
24	4	6	1,94	3,450	1,77	52	94,03	3,31(-4)
24	6	4	1,94	3,752	1,93	52	102,2	4,19(-5)
27	3	9	2,19	4,241	1,94	46	91,11	8,82(-5)
27	9	3	2,19	3,304	1,51	46	71,00	1,05(-2)
36	2	18	2,92	5,507	1,89	34	66,08	8,21(-4)
36	18	2	2,92	3,221	1,10	34	38,66	2,67(-1)
36	3	12	2,92	5,907	2,02	34	70,89	2,21(-4)
36	12	3	2,92	4,421	1,52	34	53,06	1,98(-2)
36	4	9	2,92	4,933	1,71	34	59,91	4,00(-3)
36	9	4	2,92	5,450	1,87	34	65,40	9,85(-4)
36	6	6	2,92	5,793	1,99	34	69,51	3,24(-4)
48	4	12	3,89	7,872	2,02	25	52,63	1,03(-3)
48	12	4	3,89	7,564	1,94	25	50,57	1,85(-3)
54	3	18	4,38	10,77	2,46	22	56,60	7,70(-5)
54	18	3	4,38	6,940	1,59	22	36,48	2,69(-2)
54	6	9	4,38	10,33	2,36	22	54,31	1,60(-4)
54	9	6	4,38	8,679	1,98	22	45,63	2,26(-3)
72	4	18	5,83	12,62	2,16	16	36,77	2,32(-3)
72	18	4	5,83	10,15	1,74	16	29,57	2,04(-2)
72	6	12	5,83	16,74	2,87	16	48,77	4,15(-5)
72	12	6	5,83	12,26	2,10	16	35,74	3,22(-3)
81	9	9	6,56	15,46	2,36	14	35,34	1,37(-3)

Таблица 3 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
108	6	18	8,75	27,30	3,12	10	34,31	1,86(-4)
108	18	6	8,75	16,93	1,94	10	21,28	1,92(-2)
108	9	12	8,75	26,57	3,04	10	33,40	2,62(-4)
108	12	9	8,75	17,84	2,04	10	22,43	1,31(-2)
144	12	12	11,7	36,25	3,11	7	24,86	8,79(-4)
162	9	18	13,1	47,55	3,62	6	25,36	3,40(-4)
162	18	9	13,1	33,55	2,56	6	17,90	6,64(-3)
216	12	18	17,5	53,10	3,03	4	15,17	4,53(-3)
216	18	12	17,5	66,70	3,81	4	19,06	8,68(-4)
324	18	18	26,2	90,92	3,46	2	10,39	5,72(-3)

Таблица 4

Abell 6

S, \square°	$u+1$	$v+1$	\tilde{a}	s^2	K^2	ν	χ^2	$P(\chi^2)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	0,108	0,1227	1,14	1294	1470	9,93(-2)
2	1	2	0,216	0,2624	1,21	646	785,7	1,29(-4)
2	2	1	0,216	0,2593	1,20	646	776,4	3,04(-4)
3	1	3	0,324	0,4098	1,26	430	545,0	1,36(-4)
3	3	1	0,324	0,3820	1,18	430	508,0	5,60(-3)
4	1	4	0,432	0,5743	1,33	322	429,3	5,75(-5)
4	4	1	0,432	0,5186	1,20	322	387,6	7,04(-3)
4	2	2	0,432	0,5681	1,32	322	424,7	1,05(-4)
6	1	6	0,648	0,8896	1,37	214	295,1	2,00(-4)
6	6	1	0,648	0,8059	1,24	214	267,3	7,74(-3)
6	2	3	0,648	0,8896	1,37	214	295,1	2,00(-4)
6	3	2	0,648	0,8989	1,39	214	298,2	1,26(-4)
8	2	4	0,864	1,248	1,44	160	232,6	1,58(-4)
8	4	2	0,864	1,186	1,37	160	221,0	1,00(-3)
9	3	3	0,972	1,524	1,57	142	224,1	1,38(-5)
9	1	9	0,972	1,202	1,24	142	176,8	2,52(-2)
9	9	1	0,972	1,062	1,09	142	156,2	1,96(-1)
12	1	12	1,30	1,519	1,17	106	125,4	9,64(-2)
12	12	1	1,30	1,444	1,11	106	119,2	1,79(-1)
12	2	6	1,30	1,724	1,33	106	142,3	1,07(-2)
12	6	2	1,30	2,080	1,60	106	171,6	5,84(-5)
12	3	4	1,30	2,397	1,85	106	197,9	1,72(-7)
12	4	3	1,30	1,911	1,47	106	157,8	8,39(-4)
16	4	4	1,73	2,800	1,62	79	129,6	2,95(-4)
18	1	18	1,94	2,025	1,04	70	73,94	3,51(-1)
18	18	1	1,94	2,419	1,24	70	88,34	6,84(-2)
18	3	6	1,94	3,180	1,64	70	116,1	4,54(-4)
18	6	3	1,94	3,208	1,65	70	117,1	3,63(-4)
18	2	9	1,94	2,842	1,46	70	103,8	5,46(-3)
18	9	2	1,94	2,645	1,36	70	96,57	1,94(-2)
24	2	12	2,59	2,887	1,11	52	59,03	2,34(-1)
24	12	2	2,59	3,529	1,36	52	72,14	3,37(-2)
24	4	6	2,59	4,435	1,71	52	90,66	7,38(-4)
24	6	4	2,59	5,604	2,16	52	114,6	1,48(-6)
27	3	9	2,92	5,014	1,72	46	80,80	1,18(-3)
27	9	3	2,92	3,738	1,28	46	60,23	7,75(-2)

Таблица 4 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	2	18	3,89	4,673	1,20	34	42,06	1,61(-1)
36	18	2	3,89	6,559	1,69	34	59,03	4,97(-3)
36	3	12	3,89	5,816	1,50	34	52,34	2,31(-2)
36	12	3	3,89	4,959	1,28	34	44,63	1,05(-1)
36	4	9	3,89	6,959	1,79	34	62,63	2,02(-3)
36	9	4	3,89	7,016	1,80	34	63,14	1,77(-3)
36	6	6	3,89	9,473	2,44	34	85,26	3,15(-6)
48	4	12	5,18	7,080	1,36	25	35,50	7,94(-2)
48	12	4	5,18	10,23	1,97	25	51,31	1,50(-3)
54	13	18	5,83	8,580	1,47	22	33,83	5,10(-2)
54	18	3	5,83	9,623	1,65	22	37,94	1,86(-2)
54	6	9	5,83	15,62	2,68	22	61,60	1,49(-5)
54	9	6	5,83	9,797	1,68	22	38,63	1,56(-2)
72	4	18	7,78	14,30	1,84	16	31,26	1,25(-2)
72	18	4	7,78	19,12	2,46	16	41,80	4,52(-4)
72	6	12	7,78	15,71	2,02	16	34,34	4,97(-3)
72	12	6	7,78	15,01	1,93	16	32,80	7,94(-3)
81	9	9	8,75	16,60	1,90	14	28,46	1,24(-2)
108	6	18	11,7	19,33	1,66	10	18,23	0,10(-2)
108	18	6	11,7	24,97	2,14	10	23,54	9,02(-3)
108	9	12	11,7	21,15	1,81	10	19,94	2,97(-2)
108	12	9	11,7	24,97	2,14	10	23,54	9,02(-3)
144	12	12	15,6	22,78	1,46	7	11,71	1,10(-1)
162	9	18	17,5	28,57	1,63	6	11,43	7,53(-2)
162	18	9	17,5	42,57	2,43	6	17,08	9,31(-3)
216	12	18	23,3	58,67	2,51	4	12,57	1,36(-2)
216	18	12	23,3	57,47	2,46	4	12,31	1,52(-2)
324	18	18	35,0	110,0	3,14	2	9,428	9,05(-3)

Таблица 5

Abell Σ

S, \square°	$\frac{u+1}{2}$	$\frac{v+1}{2}$	\tilde{a}	s^2	K^2	ν	χ^2	$P(\chi^2)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,25	0,5	0,5	0,050	0,0511	1,01	5182	5238	4,10(-1)
0,5	0,5	1	0,101	0,1063	1,05	2590	2725	2,35(-1)
0,5	1	0,5	0,101	0,1032	1,02	2590	2646	3,75(-1)
0,75	0,5	1,5	0,152	0,1542	1,02	1726	1756	3,73(-1)
0,75	1,5	0,5	0,152	0,1692	1,12	1726	1928	2,31(-2)
1	0,5	2	0,202	0,2170	1,07	1294	1390	2,33(-1)
1	2	0,5	0,202	0,2108	1,04	1294	1350	3,27(-1)
1	1	1	0,202	0,2155	1,07	1294	1380	2,55(-1)
1,5	0,5	3	0,303	0,3251	1,07	862	925,2	6,66(-2)
1,5	3	0,5	0,303	0,3274	1,08	862	931,8	4,92(-2)
1,5	1	1,5	0,303	0,3135	1,03	862	892,2	2,31(-1)
1,5	1,5	1	0,303	0,3552	1,17	862	1011	3,20(-4)
2	0,5	4	0,404	0,4390	1,09	646	702,6	6,07(-2)
2	4	0,5	0,404	0,4360	1,08	646	697,6	7,80(-2)
2	1	2	0,404	0,4483	1,11	646	717,4	2,64(-2)
2	2	1	0,404	0,4514	1,12	646	722,4	1,95(-2)
2,25	0,5	4,5	0,455	0,4919	1,08	574	621,8	8,19(-2)
2,25	4,5	0,5	0,455	0,4988	1,10	574	630,6	5,08(-2)
2,25	1,5	1,5	0,455	0,5023	1,10	574	635,0	3,93(-2)

Таблица 5 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	0,5	6	0,606	0,7218	1,19	430	513,0	3,60(-3)
3	6	0,5	0,606	0,6893	1,14	430	489,9	2,40(-2)
3	1	3	0,606	0,6940	1,14	430	493,2	1,88(-2)
3	3	1	0,606	0,7079	1,17	430	503,1	8,53(-3)
3	1,5	2	0,606	0,7543	1,24	430	536,0	3,67(-4)
3	2	1,5	0,606	0,6754	1,11	430	480,0	4,79(-2)
4	1	4	0,809	1,028	1,27	322	410,7	5,91(-4)
4	4	1	0,809	0,9664	1,20	322	386,0	8,25(-3)
4	2	2	0,809	0,9849	1,22	322	393,4	3,97(-3)
4,5	0,5	9	0,910	1,093	1,20	286	344,8	9,80(-3)
4,5	9	0,5	0,910	0,9883	1,09	286	311,8	1,41(-1)
4,5	1	4,5	0,910	1,093	1,20	286	344,8	9,80(-3)
4,5	4,5	1	0,910	1,086	1,19	286	342,6	1,21(-2)
4,5	1,5	3	0,910	1,135	1,25	286	358,0	2,44(-3)
4,5	3	1,5	0,910	1,086	1,19	286	342,6	1,21(-2)
6	0,5	12	1,21	1,499	1,24	214	265,6	9,37(-3)
6	12	0,5	1,21	1,368	1,13	214	242,5	8,77(-2)
6	1	6	1,21	1,647	1,36	214	292,0	3,13(-4)
6	6	1	1,21	1,620	1,33	214	287,1	6,30(-4)
6	2	3	1,21	1,554	1,28	214	275,5	2,89(-3)
6	3	2	1,21	1,657	1,37	214	293,7	2,46(-4)
6	1,5	4	1,21	1,759	1,45	214	311,8	1,45(-5)
6	4	1,5	1,21	1,517	1,25	214	269,0	6,42(-3)
6,75	1,5	4,5	1,36	1,877	1,38	190	262,7	3,77(-4)
6,75	4,5	1,5	1,36	1,793	1,31	190	251,0	2,01(-3)
8	2	4	1,62	2,387	1,48	160	237,6	6,73(-5)
8	4	2	1,62	2,250	1,39	160	224,0	6,36(-4)
9	3	3	1,82	2,862	1,57	142	225,0	1,17(-5)
9	0,5	18	1,82	2,429	1,34	142	190,9	3,91(-3)
9	18	0,5	1,82	2,191	1,20	142	172,2	4,29(-2)
9	1	9	1,82	2,596	1,43	142	204,1	5,05(-4)
9	9	1	1,82	2,065	1,14	142	162,3	1,17(-1)
9	1,5	6	1,82	2,736	1,50	142	215,1	7,50(-5)
9	6	1,5	1,82	2,652	1,46	142	208,5	2,40(-4)
9	2	4,5	1,82	2,680	1,47	142	210,7	1,64(-4)
9	4,5	2	1,82	2,750	1,51	142	216,2	6,14(-5)
12	1	12	2,43	3,592	1,48	106	158,4	7,42(-4)
12	12	1	2,43	3,219	1,33	106	142,0	1,13(-2)
12	2	6	2,43	3,854	1,59	106	171,0	8,16(-5)
12	6	2	2,43	4,022	1,66	106	177,4	1,76(-5)
12	3	4	2,43	4,658	1,92	106	205,4	2,72(-8)
12	4	3	2,43	3,761	1,55	106	165,9	1,84(-4)
13,5	1,5	9	2,73	4,600	1,68	94	160,1	2,63(-5)
13,5	9	1,5	2,73	3,631	1,33	94	126,4	1,45(-2)
13,5	3	4,5	2,73	5,042	1,85	94	175,5	7,67(-7)
13,5	4,5	3	2,73	4,831	1,77	94	168,2	4,31(-6)
16	4	4	3,23	6,282	1,94	79	155,4	7,14(-7)
18	0,5	36	3,64	3,699	1,02	70	72,17	4,06(-1)
18	36	0,5	3,64	3,473	0,954	70	67,77	5,53(-1)
18	1	18	3,64	6,121	1,68	70	119,4	2,19(-4)
18	18	1	3,64	4,769	1,31	70	93,05	3,42(-2)
18	1,5	12	3,64	6,093	1,67	70	118,9	2,47(-4)
18	12	1,5	3,64	5,192	1,43	70	101,3	8,58(-3)
18	3	6	3,64	7,614	2,09	70	148,6	1,56(-7)
18	6	3	3,64	7,051	1,94	70	137,9	2,82(-6)
18	2	9	3,64	6,403	1,76	70	124,9	6,24(-5)
18	9	2	3,64	5,502	1,51	70	107,3	2,76(-3)
18	4	4,5	3,64	7,192	1,98	70	140,3	1,39(-6)
18	4,5	4	3,64	7,445	2,05	70	145,3	3,78(-7)

Таблица 5 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20,25	4,5	4,5	4,09	8,467	2,07	62	130,3	1,00(-6)
24	2	12	4,85	8,581	1,77	52	93,74	3,55(-4)
24	12	2	4,85	8,166	1,68	52	89,20	1,03(-3)
24	4	6	4,85	10,959	2,26	52	119,7	3,41(-7)
24	6	4	4,85	12,02	2,48	52	131,2	1,10(-8)
27	1,5	18	5,46	11,62	2,13	46	100,0	7,77(-6)
27	18	1,5	5,46	8,168	1,50	46	70,34	1,20(-2)
27	3	9	5,46	13,02	2,38	46	112,1	2,28(-7)
27	9	3	5,46	9,189	1,68	46	79,13	1,74(-3)
27	4,5	6	5,46	12,89	2,36	46	111,0	3,18(-7)
27	6	4,5	5,46	14,42	2,64	46	124,2	5,46(-9)
36	1	36	7,28	7,692	1,06	34	36,99	3,32(-1)
36	36	1	7,28	6,606	0,908	34	31,77	5,77(-1)
36	2	18	7,28	14,72	2,02	34	70,79	2,27(-4)
36	18	2	7,28	13,92	1,91	34	66,95	6,52(-4)
36	3	12	7,28	17,92	2,46	34	86,18	2,36(-6)
36	12	3	7,28	13,98	1,92	34	67,22	6,06(-4)
36	4	9	7,28	17,69	2,43	34	85,08	3,32(-6)
36	9	4	7,28	16,38	3,25	34	78,76	2,27(-5)
36	6	6	7,28	22,61	3,11	34	108,7	1,50(-9)
40,5	4,5	9	8,19	21,25	2,60	30	80,47	2,00(-6)
40,5	9	4,5	8,19	20,22	2,47	30	76,56	6,95(-6)
48	4	12	9,70	24,91	2,57	25	66,74	1,32(-5)
48	12	4	9,70	26,14	2,69	25	70,04	4,50(-6)
54	1,5	36	10,9	14,60	1,34	22	30,76	1,01(-1)
54	36	1,5	10,9	8,428	0,772	22	17,76	7,21(-1)
54	3	18	10,9	31,82	2,92	22	67,04	2,37(-6)
54	18	3	10,9	26,08	2,39	22	54,95	1,31(-4)
54	4,5	12	10,9	29,64	2,72	22	62,46	1,12(-5)
54	12	4,5	10,9	30,69	2,81	22	63,66	5,34(-6)
54	6	9	10,9	38,69	3,54	22	81,51	1,46(-8)
54	9	6	10,9	27,21	2,49	22	57,33	6,09(-5)
72	2	36	14,6	15,32	1,05	16	17,89	3,30(-1)
72	36	2	14,6	12,38	0,850	16	14,46	5,65(-1)
72	4	18	14,6	48,38	3,32	16	56,50	2,63(-6)
72	18	4	14,6	44,03	3,02	16	51,42	1,63(-5)
72	6	12	14,6	52,14	3,58	16	60,90	5,28(-7)
72	12	6	14,6	46,14	3,17	16	53,89	6,74(-6)
81	4,5	18	16,4	60,12	3,67	14	55,07	1,19(-6)
81	18	4,5	16,4	54,38	3,32	14	49,82	8,30(-6)
81	9	9	16,4	50,25	3,07	14	46,03	3,28(-5)
108	3	36	21,8	37,79	1,73	10	19,04	3,96(-2)
108	36	3	21,8	15,61	0,715	10	7,863	6,43(-1)
108	6	18	21,8	86,70	3,97	10	4,368	5,25(-6)
108	18	6	21,8	77,42	3,55	10	39,01	3,16(-5)
108	9	12	21,8	95,61	4,38	10	48,17	9,22(-7)
108	12	9	21,8	77,97	3,57	10	39,28	2,84(-5)
144	4	36	29,1	24,11	0,828	7	6,626	4,70(-1)
144	36	4	29,1	32,11	1,10	7	8,824	2,65(-1)
144	12	12	29,1	126,4	4,34	7	34,72	1,75(-5)
162	4,5	36	32,8	57,07	1,74	6	12,20	5,72(-2)
162	36	4,5	32,8	34,78	1,06	6	7,435	2,82(-1)
162	9	18	32,8	173,1	5,28	6	36,99	3,03(-6)
162	18	9	32,8	142,5	4,35	6	30,46	4,31(-5)
216	6	36	43,7	45,07	1,03	4	5,160	2,70(-1)
216	36	6	43,7	26,27	0,602	4	3,008	5,59(-1)
216	12	18	43,7	275,1	6,30	4	31,50	4,63(-6)
216	18	12	43,7	271,5	6,22	4	31,08	5,50(-6)

Таблица 5 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
324	9	36	65,5	83,00	1,27	2	3,802	1,47(-1)
324	36	9	65,5	52,67	0,82	2	2,458	2,92(-1)
324	18	18	65,5	515,0	7,86	2	23,59	1,58(-5)
432	12	36	87,3	16,33	0,187	1	0,3740	5,48(-1)
432	36	12	87,3	49,33	0,565	1	1,130	2,88(-1)

Скопления А6. Квадратное разбиение ведет к самому большому отклонению $\lg P(\chi^2) = -5,51$ для 36° . В действительности, это третье по порядку отклонение после случаев

$$\text{для } 3 \times 4 = 12^\circ, \lg P(\chi^2) = -6,77,$$

$$\text{для } 6 \times 4 = 24^\circ, \lg P(\chi^2) = -5,82.$$

Среднее этих двух площадей — 18° , а геометрическое среднее 17° , которые можно воспринять как средние характеристические площади. В таком случае характеристический угловой размер скоплений второго порядка в группе А6 примерно 4° .

Рисунок 5, однако, показывает со всей определенностью, что существуют два характеристических размера — $3^\circ,5$ и $4^\circ,9$, которые вполне можно разрешить. Упомянем сразу, что мы не нашли никакого разумного объяснения этому странному эффекту.

Все скопления, АΣ. Случай этот довольно интересен. Самый глубокий минимум

$$\text{для } 6 \times 6 = 36^\circ \text{ и } \lg P(\chi^2) = -8,82,$$

согласно табл. 5 и рис. 3. Но другой минимум, резко очерченный, расположен на $3 \times 4 = 12^\circ$ и $\lg P(\chi^2) = -7,57$. Безусловно, он получен под воздействием видимого распределения скоплений в группе А6.

В этом случае замечательно то, что характеристические площади составляют довольно ограниченный набор, около 36° . Следовательно, характеристические угловые размеры скоплений второго порядка для всех скоплений Эйбелла в рассматриваемой области примерно 6° .

Некоторые общие примечания относительно рис. 1—3.

Как можно увидеть, точки и плоскости $(S, \lg P(\chi^2))$ в первом приближении расположены симметрично относительно некоторой площади, которая предполагается характеристической. С этой точки зрения можно утверждать, что все характеристические площади (или размеры) скоплений второго порядка *навряд ли* попадают в исследуемый диапазон — от 1° до 324° (специально для АΣ — от $0,25^\circ$ до 432°) по площади, или от 1° до 18° (для АΣ от $0^\circ,25$ до 36°) по угловым размерам.

Кроме того, поскольку для большинства площадей применяемый метод позволяет получить несколько оценок $P(\chi^2)$ для данного S , можно проследить, что преимущественно (но не всегда!) $\lg P(\chi^2) \rightarrow \min$ для $\frac{u+1}{v+1} \rightarrow 1$. Для разбиений, при которых отношение сторон прямоугольников самое маленькое, точки обычно располагаются непосредственно над абсциссой. Это хорошо видно на рис. 2 и лучше на рис. 3.

Что касается рис. 4—6, отметим следующее. Рисунок 4 сильно отличается от предполагаемой картины (представленной на рис. 2 в [1] в идеализированном виде). Рисунок 5 вносит нечто новое, что не могло быть заранее предсказано (наличие двух характеристических размеров).

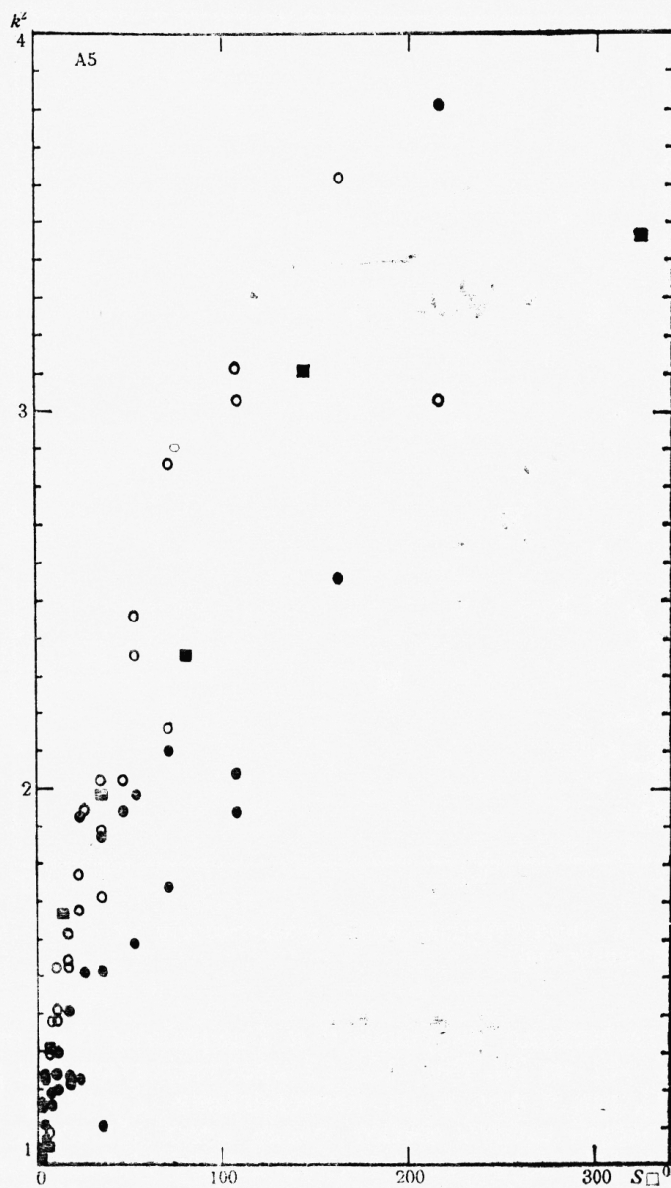


Рис. 7. Индекс группирования в зависимости от S^0 (A5 скопления)

Особенно большая анизотропия нигде не проявляется. Но эффекты из-за наличия сверхскоплений галактик меньше выражены на рис. 4. Неясно, почему проявляется фрагментарность группирования скоплений на всех рисунках 4—6. Означает ли это, что в действительности существуют и характеристические размеры, которые едва можно регистрировать?

Очень интересно построить графики изменения индекса группирования. На рисунках 7—9 представлен K^2 как функция площадей прямоугольников ($S_{\square^{\circ}}$) для всех разбиений, а на рис. 10—12 — как функция $\bar{d}(u+1, v+1)$, или средней плотности (число скоплений в прямоугольниках). Ри-

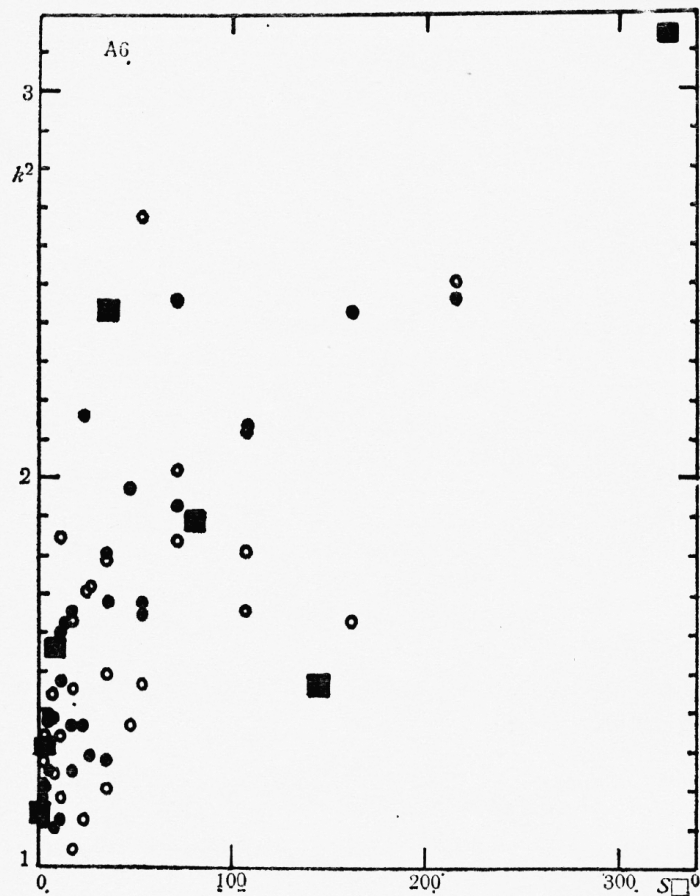


Рис. 8. Индекс группирования в зависимости от $S_{\square^{\circ}}$ (A6 скопления)

сунки 7—9 соответствуют рисункам 6 и 7 из работы Neuman и др. [11], а также рис. 20—21 из [2]. Рис. 10—12 соответствуют как рисункам 3—5 из работы [11], так и рис. 2 из исследования Zwicky [12]. То, что рис. 7—12 настоящей работы имеют очень мало общего с рисунками из [11], а также из [2], неудивительно, поскольку Нейман, Скотт и Шейн проверяли теорию сгущения галактик, разработанную Нейманом и Скотт. Они работают с галактиками, а мы — со скоплениями галактик. При этом нельзя проверить сразу их теорию на более высоком иерархическом уровне, ибо необходимо адаптивное изменение всей теории (нужно ввести и набор параметров). Но то, что рис. 10—12 настоящей работы скорее напоминают кривую III из рисунка 2 [12], а отличаются от кривых I и II этого же рисунка, *очень существенно*. Согласно многим работам Цвикки и его сотрудников (цитированных в [1]) смысл кривой III состоит в том, что в

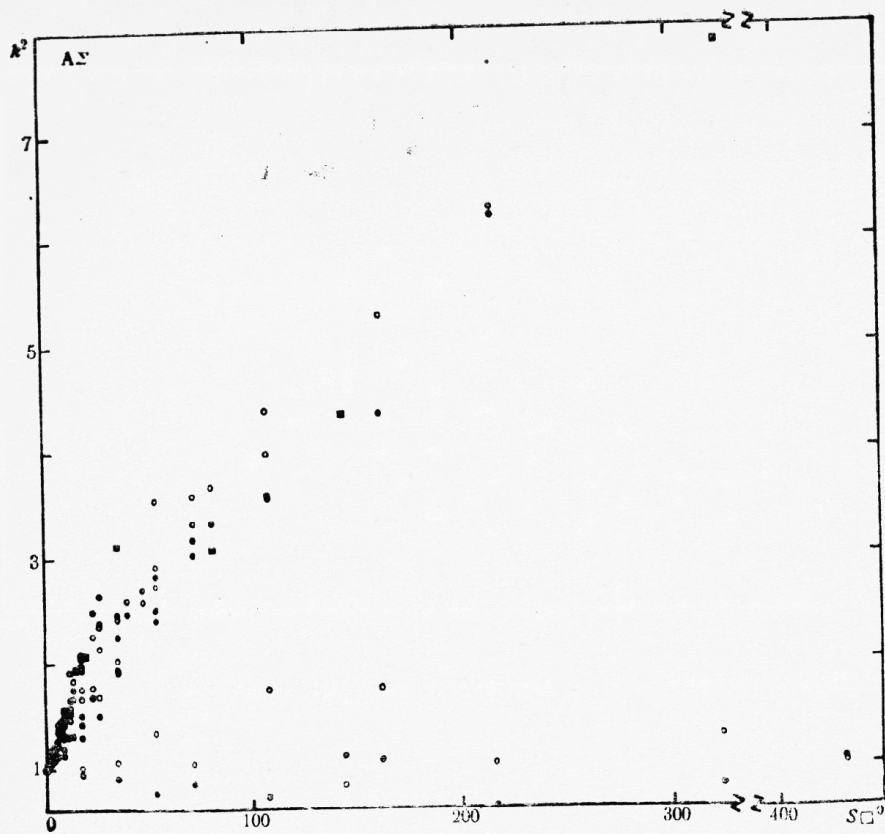


Рис. 9. Индекс группирования в зависимости от S_{\square}° (A_{Σ} скопления)

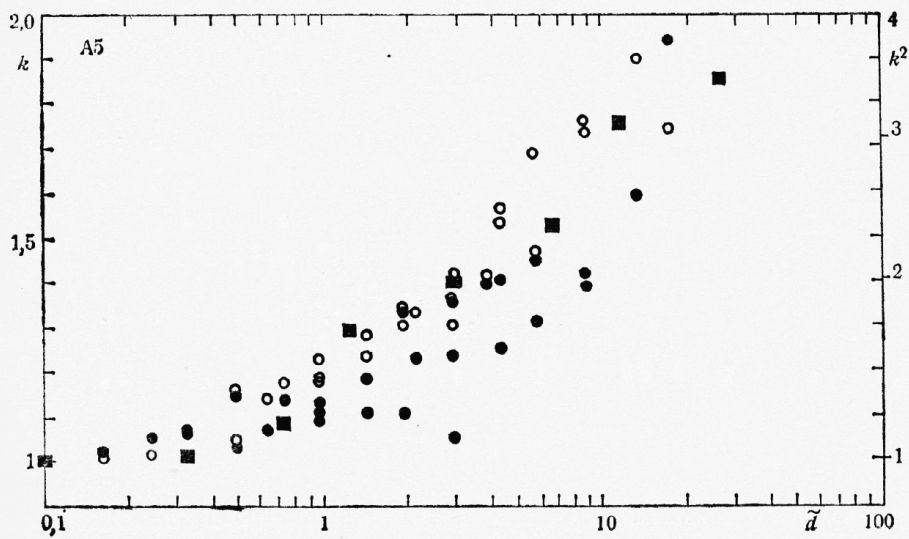


Рис. 10. Индекс группирования в зависимости от \tilde{a} (A_5 скопления)

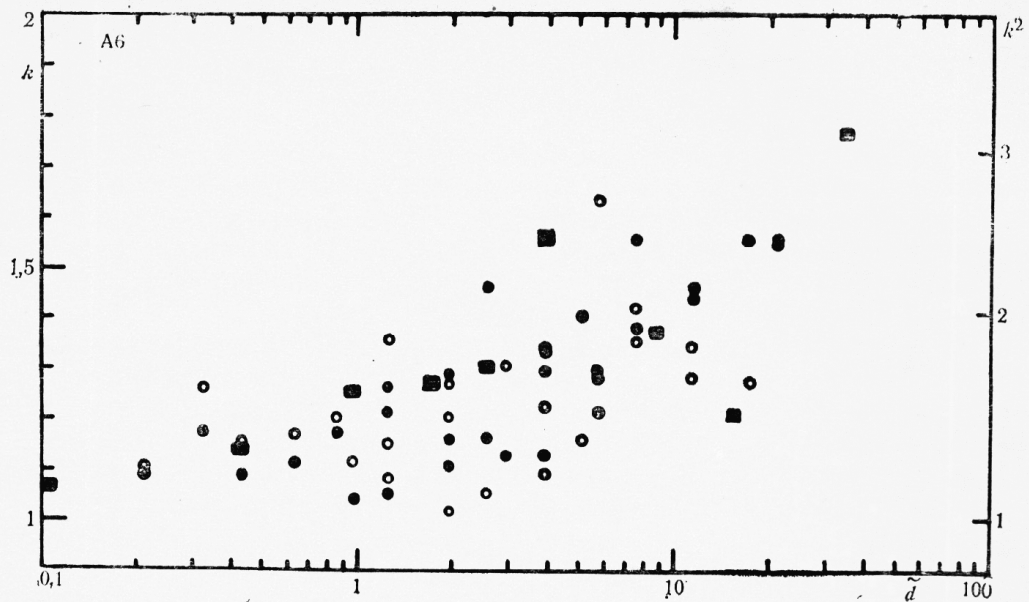


Рис. 11. Индекс группирования в зависимости от \tilde{d} (A6 скопления)

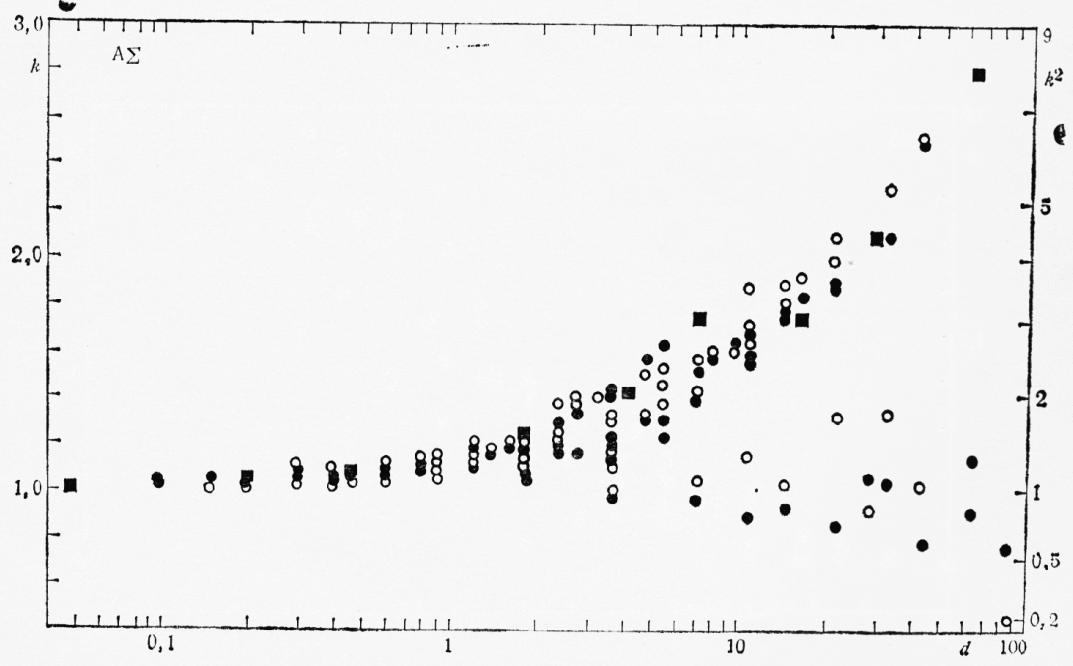


Рис. 12. Индекс группирования в зависимости от \tilde{d} (A скопления)

Этом случае саму возможность существования скоплений галактик второго порядка необходимо отвергнуть. А, как показывают многие работы других исследователей (также цитированные в [1]), найдены веские аргументы в пользу их существования.

Отметим, что на настоящем этапе решение проблемы существования сверхскоплений галактик возможности использовать представление рис.7—12 почти не видно. Необходимо разработать теорию группирования скоплений галактик второго порядка, подобно теории Неймана и Скотт для скоплений первого порядка, и тогда исследовать при помощи этих представлений поведение индекса группирования.

Но, с другой стороны, значение рис. 7—12 большое, поскольку они демонстрируют случаи, когда другие методы обработки ведут к принятию гипотезы существования скоплений второго порядка, а метод Цвикки (division — subdivision) начисто отвергает эту гипотезу. И в этом смысле можно поставить под сомнение по крайней мере те результаты Цвикки и его сотрудников, которые получены на основе этого метода.

4. Скопления Цвикки

В области S^* содержится 1241 скопление Цвикки [3] из классов D, VD и ED. Некоторые данные приведены в табл.6. Средняя скорость \bar{V} определяется автоматически из границ интервалов лучевой скорости для данного класса. Корректно говоря, \bar{V} не должна относиться к середине интервала, поскольку в более удаленной части пространства между двумя оболочками находится большее число скоплений. Но Цвикки не указывает ошибки определения лучевой скорости и, кроме того, предельное расстояние каталога не приводится. Красное смещение \bar{z} соответствует \bar{V} . Видимый угловой радиус скоплений r , в сущности, относится не к области S^* , а к области, определенной $S^{**} \geq +65^\circ,01$ [14, 15]. В таблице 6 даны мода, медиана и средняя для углового радиуса, вычисленные на основе табл. 3 из работы [15].

Из таблицы 6 следует, что разбиение на элементарные квадратики $0^\circ,5 \times 0^\circ,5$ для D, VD и ED вполне приемлемо.

Таблица 6

Класс по расстоянию	Число скоплений в области	\bar{z}	(Для $S^{**} \geq +65^\circ,01$)		
			мода	медиана	среднее
D	228	0,125	0°,2	0°,3	0°,3
VD	362	0,175	0°,1	0°,2	0°,2
ED	651	0,225	0°,07	0°,1	0°,1

5. Результаты для скоплений Цвикки

Все результаты представлены в том же виде, как и в п. 3.

В табл. 7—10 приведены результаты применения обобщенного χ^2 -метода для D, VD и ED-скоплений. Обозначения те же самые: S — площадь прямоугольников (в квадратных градусах) для данных $u+1$ и $v+1$,

Таблица 7

D

s, \square°	$a+1$	$v+1$	\tilde{a}	s^2	K^2	ν	χ^2	$P(\chi^2)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	0,176	0,1621	0,921	1294	1193	7,68(-1)
2	1	2	0,352	0,3335	0,948	646	613,3	8,18(-1)
2	2	1	0,352	0,3273	0,930	646	601,9	8,92(-1)
3	1	3	0,528	0,5375	1,02	430	438,9	3,72(-1)
3	3	1	0,528	0,4911	0,930	430	401,0	8,38(-1)
4	2	2	0,704	0,7540	1,07	322	346,1	1,70(-1)
4	1	4	0,704	0,7417	1,05	322	340,4	2,30(-1)
4	4	1	0,704	0,6859	0,975	322	314,8	6,02(-1)
6	1	6	1,06	1,169	1,11	214	238,1	1,24(-1)
6	6	1	1,06	1,169	1,11	214	238,1	1,24(-1)
6	2	3	1,06	1,141	1,08	214	232,4	1,84(-1)
6	3	2	1,06	1,178	1,12	214	240,0	1,07(-1)
8	2	4	1,41	1,746	1,24	160	199,7	1,80(-2)
8	4	2	1,41	1,659	1,18	160	189,8	5,38(-2)
9	3	3	1,58	1,881	1,19	142	169,9	5,51(-2)
9	1	9	1,58	1,839	1,16	142	166,1	8,14(-2)
9	9	1	1,58	1,587	1,00	142	143,4	4,52(-1)
12	1	12	2,11	2,735	1,30	106	138,6	1,83(-2)
12	12	1	2,11	2,548	1,21	106	129,2	6,27(-2)
12	2	6	2,11	2,866	1,36	106	145,3	6,86(-3)
12	6	2	2,11	2,997	1,42	106	151,9	2,34(-3)
12	3	4	2,11	2,978	1,41	106	150,9	2,74(-3)
12	4	3	2,11	2,567	1,22	106	130,1	5,60(-2)
16	4	4	2,82	4,078	1,45	79	115,9	4,37(-3)
18	1	18	3,17	4,394	1,39	70	98,53	1,40(-2)
18	18	1	3,17	2,944	1,24	70	88,42	6,76(-2)
18	2	9	3,17	4,422	1,40	70	99,16	1,25(-2)
18	9	2	3,17	4,197	1,32	70	94,10	2,90(-2)
18	3	6	3,17	5,211	1,65	70	116,8	3,88(-4)
18	6	3	3,17	5,070	1,60	70	113,6	7,62(-4)
24	2	12	4,22	7,421	1,76	52	93,16	4,08(-4)
24	12	2	4,22	6,629	1,57	52	83,21	3,90(-3)
24	4	6	4,22	6,742	1,60	52	84,63	2,87(-3)
24	6	4	4,22	8,516	2,02	52	106,9	1,23(-5)
27	3	9	4,75	8,745	1,84	46	86,53	2,88(-4)
27	9	3	4,75	7,213	1,52	46	71,37	9,70(-3)
36	6	6	6,33	15,14	2,39	34	83,68	5,12(-6)
36	2	18	6,33	10,80	1,70	34	59,68	4,23(-3)
36	18	2	6,33	10,68	1,69	34	59,05	4,94(-3)
36	3	12	6,33	15,08	2,38	34	83,37	5,64(-6)
36	12	3	6,33	12,06	1,90	34	66,63	7,10(-4)
36	4	9	6,33	10,97	1,73	34	60,63	3,35(-3)
36	9	4	6,33	11,60	1,83	34	64,10	1,38(-3)
48	4	12	8,44	20,87	2,47	25	64,26	2,94(-5)
48	12	4	8,44	17,79	2,11	25	54,79	5,47(-4)
54	3	18	9,50	25,56	2,69	22	61,89	1,35(-5)
54	18	3	9,50	18,17	1,91	22	44,00	3,61(-3)
54	6	9	9,50	26,17	2,76	22	63,37	8,26(-6)
54	9	6	9,50	22,09	2,32	22	53,47	2,09(-4)
72	4	18	12,7	32,35	2,55	16	43,42	2,62(-4)
72	18	4	12,7	30,24	2,39	16	40,58	6,77(-4)
72	6	12	12,7	48,24	3,81	16	64,74	1,28(-7)
72	12	6	12,7	32,94	2,60	16	44,21	2,00(-4)
81	9	9	14,2	41,40	2,90	14	43,58	7,91(-5)

Таблица 7 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
108	6	18	19,0	78,00	4,10	10	45,16	2,96(-6)
108	18	6	19,0	66,73	3,51	10	38,63	3,64(-5)
108	9	12	19,0	72,73	3,83	10	42,10	9,64(-6)
108	12	9	19,0	59,27	3,12	10	34,32	1,86(-4)
144	12	12	25,3	106,5	4,20	7	33,63	2,72(-5)
162	9	18	28,5	138,8	4,87	6	34,10	9,79(-6)
162	18	9	28,5	130,0	4,56	6	31,93	2,37(-5)
216	12	18	38,0	201,6	5,30	4	26,53	3,68(-5)
216	18	12	38,0	235,2	6,19	4	30,95	5,82(-6)
324	18	18	57,0	464,7	8,15	2	24,46	1,09(-5)

Таблица 8

VD

S, □°	n+1	v+1	\bar{d}	s ²	K ²	r	z ²	P(z ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	0,279	0,2663	0,953	1294	1234	6,59(-1)
2	1	2	0,559	0,5622	1,01	646	651,2	4,36(-1)
2	2	1	0,559	0,5901	1,06	646	683,4	1,49(-1)
3	1	3	0,838	0,8461	1,01	430	435,2	4,21(-1)
3	3	1	0,838	0,8554	1,02	430	439,9	3,60(-1)
4	2	2	1,12	1,224	1,10	322	354,0	1,06(-1)
4	1	4	1,12	1,076	0,963	322	311,1	6,59(-1)
4	4	1	1,12	1,088	0,974	322	314,6	6,05(-1)
6	1	6	1,68	1,894	1,13	214	243,0	8,43(-2)
6	6	1	1,68	1,866	1,11	214	239,4	1,12(-1)
6	2	3	1,68	1,829	1,09	214	234,7	1,58(-1)
6	3	2	1,68	1,839	1,10	214	235,9	1,46(-1)
8	2	4	2,23	2,379	1,06	160	171,4	2,54(-1)
8	4	2	2,23	2,379	1,06	160	171,4	2,54(-1)
9	3	3	2,51	2,979	1,18	142	169,4	5,78(-2)
9	1	9	2,51	2,937	1,17	142	167,1	7,40(-2)
9	9	1	2,51	2,587	1,03	142	147,2	3,66(-1)
12	1	12	3,35	4,062	1,21	106	129,7	5,90(-2)
12	12	1	3,35	3,408	1,02	106	108,8	4,07(-1)
12	2	6	3,35	4,024	1,20	106	128,5	2,79(-2)
12	6	2	3,35	3,950	1,18	106	126,1	8,91(-2)
12	3	4	3,35	3,707	1,11	106	118,3	1,94(-1)
12	4	3	3,35	3,763	1,12	106	120,1	1,65(-1)
16	4	4	4,47	5,027	1,12	79	89,99	1,87(-1)
18	1	18	5,03	6,253	1,24	70	88,30	6,88(-2)
18	18	1	5,03	5,802	1,15	70	81,93	1,56(-1)
18	2	9	5,03	7,013	1,40	70	99,04	1,28(-2)
18	9	2	5,03	5,999	1,19	70	84,72	1,11(-1)
18	3	6	5,03	6,534	1,30	70	92,28	3,85(-2)
18	6	3	5,03	7,070	1,41	70	99,83	1,11(-2)
24	2	12	6,70	9,797	1,46	52	77,46	1,26(-2)
24	12	2	6,70	7,156	1,03	52	56,57	3,08(-1)
24	4	6	6,70	8,741	1,30	52	69,10	5,63(-2)
24	6	4	6,70	9,722	1,45	52	76,86	1,41(-2)
27	3	9	7,54	11,70	1,55	46	72,92	6,99(-3)
27	9	3	7,54	11,02	1,46	46	68,67	1,68(-2)

Таблица 8 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
36	6	6	10,0	16,05	1,60	34	55,88	1,05(-2)
36	2	18	10,0	13,65	1,36	34	47,52	6,16(-2)
36	18	2	10,0	14,40	1,43	34	50,11	3,69(-2)
36	3	12	10,0	16,68	1,66	34	58,07	6,27(-3)
36	12	3	10,0	12,57	1,25	34	43,74	1,22(-1)
36	4	9	10,0	14,62	1,45	34	50,91	3,13(-2)
36	9	4	10,0	14,85	1,48	34	51,70	2,65(-2)
48	4	12	13,4	23,33	1,74	25	45,24	7,92(-3)
48	12	4	13,4	19,10	1,42	25	37,03	5,72(-2)
54	3	18	15,1	21,64	1,44	22	33,00	6,16(-2)
54	18	3	15,1	27,73	1,84	22	42,29	5,84(-3)
54	6	9	15,1	29,21	1,94	22	45,54	3,09(-3)
54	9	6	15,1	25,12	1,67	22	38,31	1,70(-2)
72	4	18	20,1	31,87	1,58	16	26,94	4,21(-2)
72	18	4	20,1	38,46	1,91	16	32,51	8,66(-3)
72	6	12	20,1	41,28	2,05	16	34,90	4,19(-3)
72	12	6	20,1	35,99	1,79	16	30,42	1,60(-2)
81	9	9	22,6	57,45	2,54	14	38,09	5,39(-4)
108	6	18	30,2	54,33	1,80	10	19,81	3,10(-2)
108	18	6	30,2	74,79	2,58	10	28,36	1,66(-3)
108	9	12	30,2	77,15	2,46	10	27,04	2,66(-3)
108	12	9	30,2	77,70	2,48	10	27,24	2,48(-3)
144	12	12	40,2	117,9	2,93	7	23,46	1,52(-3)
162	9	18	45,2	113,4	2,50	6	17,54	7,64(-3)
162	18	9	45,2	200,8	4,44	6	31,06	3,37(-5)
216	12	18	60,2	151,5	2,51	4	12,55	1,37(-2)
216	18	12	60,3	265,1	4,39	4	21,97	2,52(-4)
324	18	18	90,5	505,0	5,58	2	16,74	3,08(-4)

Таблица 9

ED

s, \square°	$\frac{u+1}{2}$	$\frac{v+1}{2}$	\tilde{d}	s^2	K^2	r	z^2	$P(z^2)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,25	0,5	0,5	0,126	0,1291	1,01	5182	5329	2,88(-1)
0,5	0,5	1	0,251	0,2646	1,05	2590	2729	2,29(-1)
0,5	0	0,5	0,251	0,2777	1,11	2590	2865	7,85(-2)
0,75	0,5	1,5	0,377	0,4202	1,12	1726	1927	2,38(-2)
0,75	1,5	0,5	0,377	0,4434	1,18	1726	2036	1,51(-3)
1	0,5	2	0,502	0,5683	1,13	1294	1465	1,06(-1)
1	2	0,5	0,502	0,6301	1,25	1294	1624	1,09(-2)
1	1	1	0,502	0,6069	1,21	1294	1565	2,80(-2)
1,5	0,5	3	0,753	0,9322	1,24	862	1068	1,90(-6)
1,5	3	0,5	0,753	1,027	1,36	862	1176	4,52(-12)
1,5	1	1,5	0,753	0,9878	1,31	862	1131	1,57(-9)
1,5	1,5	1	0,753	1,011	1,34	862	1158	5,40(-11)
2	0,5	4	1,00	1,253	1,25	646	807,2	1,48(-5)
2	4	0,5	1,00	1,550	1,54	646	998,4	1,61(-17)
2	1	2	1,00	1,380	1,37	646	888,9	6,37(-10)
2	2	1	1,00	1,476	1,47	646	950,6	5,53(-14)
2,25	0,5	4,5	1,13	1,560	1,38	574	793,9	2,90(-9)
2,25	4,5	0,5	1,13	1,745	1,54	574	887,6	8,01(-16)

Таблица 9 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,25	1,5	1,5	1,13	1,700	1,50	574	864,6	4,44(-14)
3	0,5	6	1,51	1,912	1,27	430	546,8	1,12(-4)
3	6	0,5	1,51	2,450	1,63	430	700,7	3,12(-15)
3	1,5	2	1,51	2,487	1,65	430	711,4	3,84(-16)
3	2	1,5	1,51	2,469	1,64	430	706,5	1,10(-15)
3	1	3	1,51	2,394	1,59	430	684,8	6,61(-14)
3	3	1	1,51	2,538	1,68	430	726,0	2,00(-17)
4	2	2	2,01	3,774	1,88	322	606,7	1,41(-19)
4	1	4	2,01	3,328	1,66	322	535,0	9,21(-13)
4	4	1	2,01	3,910	1,95	322	628,6	7,54(-22)
4,5	0,5	9	2,26	3,392	1,50	286	430,6	6,73(-8)
4,5	9	0,5	2,26	3,726	1,65	286	473,1	2,32(-11)
4,5	1	4,5	2,26	4,207	1,86	286	534,2	3,92(-17)
4,5	4,5	1	2,26	4,340	1,92	289	551,0	7,33(-19)
4,5	1,5	3	2,26	4,298	1,90	286	545,7	2,61(-18)
4,5	3	1,5	2,26	4,702	2,08	286	597,0	7,50(-24)
6	0,5	12	3,01	4,721	1,57	214	336,8	1,74(-7)
6	12	0,5	3,01	5,725	1,90	214	408,4	3,37(-14)
6	1,5	4	3,01	6,209	2,60	214	442,9	6,28(-18)
6	4	1,5	3,01	6,953	2,31	214	496,0	3,80(-24)
6	1	6	3,01	5,260	1,74	214	375,2	6,77(-11)
6	6	1	3,01	6,507	2,16	214	464,2	2,37(-20)
6	2	3	3,01	6,823	2,26	214	486,7	5,07(-23)
6	3	2	3,01	6,963	2,31	214	496,7	3,16(-24)
6,75	1,5	4,5	3,39	7,789	2,30	190	438,8	1,80(-21)
6,75	4,5	1,5	3,39	8,176	2,41	190	460,6	3,61(-24)
8	2	4	4,02	9,720	2,42	160	389,4	7,11(-21)
8	4	2	4,02	10,70	2,66	160	428,8	5,65(-26)
9	3	3	4,52	13,26	2,93	142	419,4	1,38(-28)
9	1	9	4,52	9,426	2,08	142	298,2	4,99(-13)
9	9	1	4,52	10,28	2,27	142	325,1	3,26(-16)
9	0,5	18	4,52	7,510	1,66	142	237,6	9,24(-7)
9	18	0,5	4,52	8,447	1,87	142	267,2	1,21(-9)
9	1,5	6	4,52	9,898	2,19	142	312,8	9,99(-15)
9	6	1,5	4,52	11,78	2,90	142	372,5	3,18(-22)
9	2	4,5	4,52	12,32	2,72	142	389,7	1,60(-24)
9	4,5	2	4,52	12,24	2,71	142	387,1	3,63(-24)
12	1	12	6,03	13,80	2,29	106	245,0	7,06(-13)
12	12	1	6,03	16,44	2,73	106	291,8	6,00(-19)
12	2	6	6,03	15,56	2,58	106	276,2	7,32(-17)
12	6	2	6,03	18,53	3,07	106	329,0	4,04(-24)
12	3	4	6,03	19,28	3,20	106	341,2	5,04(-26)
12	4	3	6,03	19,58	3,25	106	347,5	8,59(-27)
13,5	1,5	9	6,78	17,84	2,63	94	249,9	7,81(-16)
13,5	9	1,5	6,78	19,50	2,88	94	273,2	5,17(-19)
13,5	3	4,5	6,78	25,35	3,74	94	355,2	5,55(-11)
13,5	4,5	3	6,78	22,68	3,34	94	317,7	2,16(-25)
16	4	4	8,04	29,01	3,61	79	288,8	6,37(-25)
18	1	18	9,04	23,39	2,59	70	183,7	5,66(-12)
18	18	1	9,04	25,22	2,79	70	198,1	6,26(-14)
18	2	9	9,04	28,80	3,18	70	226,2	6,37(-18)
18	9	2	9,04	29,05	3,21	70	228,2	3,27(-18)
18	3	6	9,04	32,24	3,56	70	253,1	6,45(-22)
18	6	3	9,04	34,77	3,85	70	273,0	6,12(-25)
18	0,5	36	9,04	11,56	1,28	70	90,79	4,81(-2)
18	36	0,5	9,04	21,62	2,39	70	169,6	3,80(-10)
18	1,5	12	9,04	25,98	2,87	70	204,0	9,22(-15)
18	12	1,5	9,04	30,21	3,34	70	237,2	1,52(-19)
18	4	4,5	9,04	37,82	4,18	70	296,9	1,24(-28)

Таблица 9 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	4,5	4	9,04	35,20	3,89	70	276,4	1,89(-25)
20,25	4,5	4,5	10,2	43,70	4,30	62	270,6	8,22(-27)
24	2	12	12,0	41,34	3,43	52	181,7	7,19(-16)
24	12	2	12,0	46,84	3,89	52	205,9	1,47(-19)
24	4	6	12,0	49,30	4,09	52	216,7	3,11(-21)
21	6	4	12,0	55,26	4,58	52	242,9	2,30(-25)
27	3	9	13,6	60,59	4,47	46	210,0	6,58(-22)
27	9	3	13,6	57,87	4,27	46	200,5	2,05(-20)
27	1,5	18	13,6	44,68	3,29	46	154,8	2,18(-13)
27	18	1,5	13,6	47,57	3,51	46	164,8	6,84(-15)
27	4,5	6	13,6	56,34	4,15	46	195,2	1,40(-19)
27	6	4,5	13,6	69,48	5,12	46	240,8	7,55(-27)
36	1	36	18,1	31,91	1,76	34	61,76	2,53(-3)
36	36	1	18,1	69,91	3,87	34	135,3	1,30(-13)
40,5	4,5	9	20,3	99,78	4,90	30	152,0	1,80(-17)
40,5	9	4,5	20,3	122,8	6,04	30	187,1	3,23(-23)
48	4	12	24,1	134,2	5,56	25	144,7	7,25(-18)
48	12	4	24,1	149,0	6,18	25	160,7	1,65(-20)
54	3	18	27,1	165,0	6,08	22	139,9	4,57(-18)
54	18	3	27,1	140,2	5,17	22	118,9	1,36(-14)
54	9	9	27,1	170,5	6,29	22	144,6	7,53(-19)
54	9	6	27,1	179,8	6,63	22	152,4	3,79(-20)
54	1,5	36	27,1	51,16	1,89	22	43,38	4,30(-3)
54	36	1,5	27,1	136,8	5,04	22	116,0	4,05(-14)
54	4,5	12	27,1	156,4	5,76	22	132,6	7,42(-17)
54	12	4,5	27,1	189,8	7,00	22	161,0	1,43(-21)
72	2	36	36,2	75,68	2,09	16	35,57	3,39(-3)
72	36	2	36,2	208,1	5,76	16	97,84	4,36(-13)
72	4	18	36,2	238,1	6,58	16	111,9	1,90(-15)
72	18	4	36,2	221,4	6,12	16	104,1	3,93(-14)
72	6	12	36,2	261,0	7,22	16	122,7	3,03(-17)
72	12	6	36,2	267,7	7,40	16	125,8	8,98(-18)
81	9	9	40,7	333,0	8,18	14	122,8	5,80(-18)
81	4,5	18	40,7	285,3	7,01	14	105,2	5,20(-15)
81	18	4,5	40,7	289,4	7,11	14	106,7	2,88(-15)
108	3	36	54,2	194,0	3,58	10	39,34	2,78(-5)
108	36	3	54,2	423,5	7,81	10	85,88	4,55(-13)
108	6	18	54,2	470,9	8,68	10	95,49	8,43(-15)
108	18	6	54,2	468,4	8,63	10	94,97	1,03(-14)
108	9	12	54,2	559,8	10,3	10	113,5	8,18(-18)
108	12	9	54,2	512,6	9,45	10	103,9	3,23(-16)
144	12	12	72,3	878,2	12,1	7	97,13	4,05(-16)
144	4	36	72,3	191,2	2,64	7	21,15	3,68(-3)
144	36	4	72,3	76,45	10,6	7	84,55	4,91(-14)
162	4,5	36	81,4	141,1	1,73	6	12,14	5,84(-2)
162	36	4,5	81,4	989,7	12,2	6	85,14	1,78(-14)
162	9	18	81,4	1009	12,4	6	86,81	9,46(-15)
162	18	9	81,4	926,6	11,4	6	79,70	7,41(-13)
216	12	18	108	1532	14,1	4	70,61	9,61(-13)
216	18	12	108	1496	13,8	4	68,95	1,79(-12)
216	6	36	108	216,1	2,41	4	12,03	1,71(-2)
216	36	6	108	1575	1,45	4	72,57	4,63(-13)
324	18	18	163	2915	17,9	2	53,73	1,32(-10)
324	9	36	163	543,6	3,34	2	10,02	6,82(-3)
324	36	9	163	3292	20,2	2	60,69	1,11(-11)
432	12	36	217	211,0	0,97 ²	1	1,945	1,59(-1)
432	36	12	217	6276	28,9	1	57,84	2,80(-11)

Таблица 10

S, \square°	$\frac{u+1}{2}$	$\frac{v+1}{2}$	\tilde{d}	s^2	K^2	ν	χ^2	$P(\chi^2)$
0,25	0,5	0,5	0,126	0,1307	1,04	5182	5393	2,15(-1)
1	1	1	0,502	0,5112	1,02	1294	1318	4,17(-1)
2,25	1,5	1,5	1,13	1,140	1,01	574	579,7	4,25(-1)
4	2	2	2,01	1,972	0,981	322	317,0	5,68(-1)
9	3	3	4,52	5,398	1,19	142	170,8	5,03(-2)
16	4	4	8,04	9,661	1,20	79	96,16	9,17(-2)
20,25	4,5	4,5	10,2	8,081	0,794	62	50,05	8,62(-1)
36	6	6	18,1	24,82	1,37	34	48,04	5,57(-2)
81	9	9	40,7	32,76	0,805	14	12,08	6,01(-1)
144	12	12	72,3	105,2	1,46	7	11,64	1,12(-1)
324	18	18	162,0	36,25	0,223	2	0,6682	7,21(-1)

\tilde{d} — средняя плотность (скопления для площади прямоугольников) данного разбиения, s^2 — дисперсия, K^2 — индекс группирования, ν — степени свободы, χ^2 и $P(\chi^2)$.

Первое (Эйбеллевское) представление результатов дано на рис. 13—15, а второе — на рис. 16—18. Изменение индекса группирования в зависимости от S дано на рис. 19—21, а от \tilde{d} — на рис. 22—24.

Рассмотрим отдельные классы по расстоянию.

D-скопления. Самое большое отклонение

$$\text{для } 6 \times 12 = 72 \square^\circ \text{ и } \lg P(\chi^2) = -6,89$$

и угловой характеристический размер тогда $8^\circ,5$. Следующее по величине отклонение

$$\text{для } 6 \times 18 = 108 \square^\circ \text{ и } \lg P(\chi^2) = -5,52$$

нужно исключить, потому что прямоугольники очень растяжены. Более приемлемым оказывается характеристический размер

$$\text{для } 6 \times 6 = 36 \square^\circ \text{ и } \lg P(\chi^2) = -5,29,$$

потому что тогда угловой размер $6^\circ,0$ оказался бы в соответствии с размерами для A_5 и A_Σ , что можно было бы ожидать, поскольку средние красные смещения не так сильно отличаются друг от друга. Но, оставаясь верными основной идее, что нужно базироваться на самых больших отклонениях в случаях, когда особо большая анизотропия на рисунках типа рис. 16 не наблюдается, мы забракуем и этот угловой размер.

Так, для *D-скоплений* мы примем угловой характеристический размер $8^\circ,5$.

VD-скопления. Случай этот резко выделяется от всех рассмотренных нами случаев. Самое значительное отклонение

$$\text{для } 18 \times 9 = 162 \square^\circ, \lg P(\chi^2) = -4,47$$

дает слишком большой угловой характеристический размер — $12^\circ,7$, что никоим образом нельзя согласовать с результатами для других групп и классов по расстоянию. Второе по величине отклонение

$$\text{для } 18 \times 12 = 216 \square^\circ, \lg P(\chi^2) = -3,60,$$

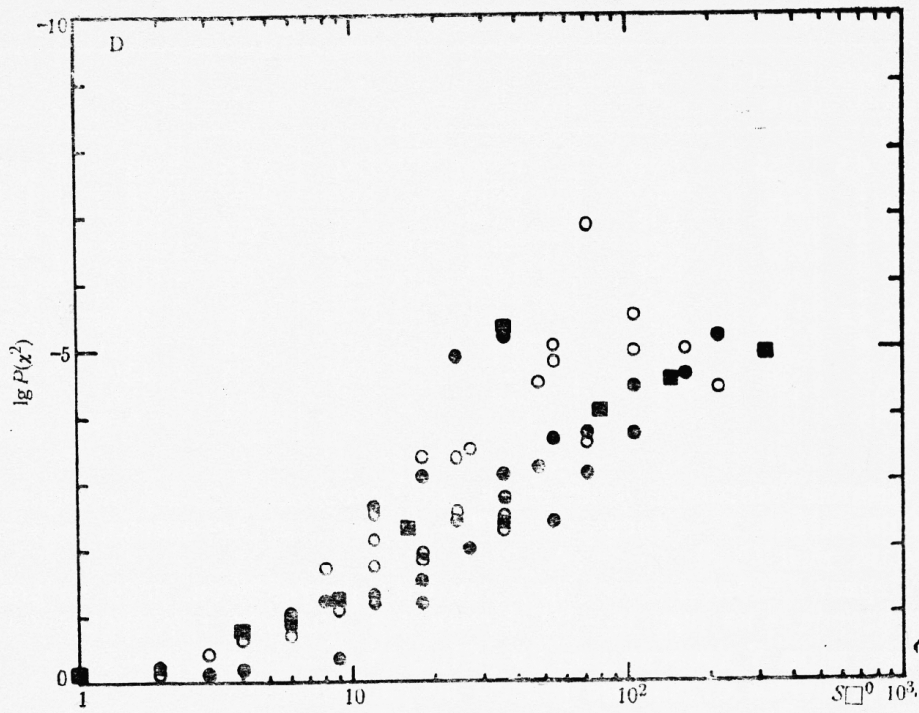


Рис. 13. Первое представление результатов для D-скоплений

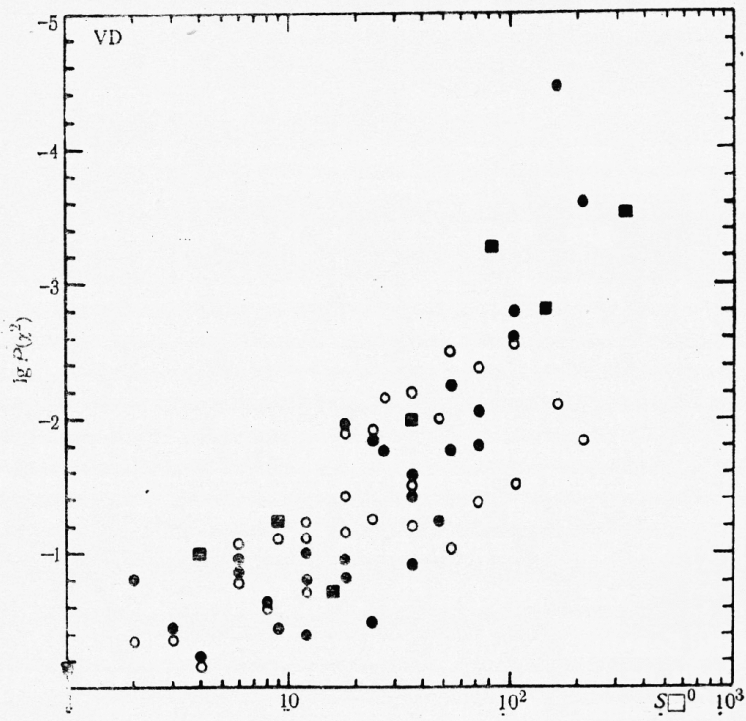


Рис. 14. Первое представление результатов для VD-скоплений

как и третье

для $18 \times 18 = 324 \square^\circ$, $\lg P(\chi^2) = -3,51$,

дают еще большие характеристические размеры. Притом не существует никакой уверенности в том, что характеристические площади вообще до-

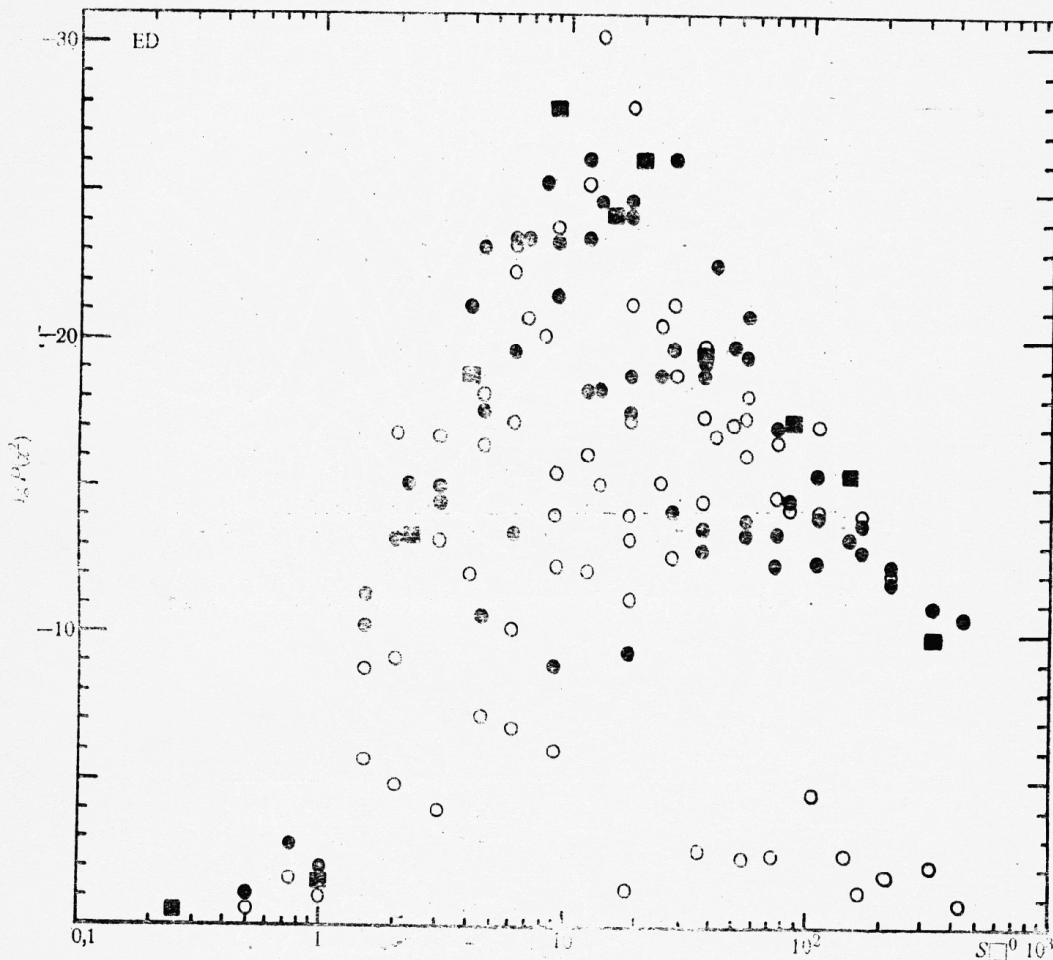


Рис. 15. Первое представление результатов для ED-скоплений

стигнуты. Вполне может оказаться, что $\lg P(\chi^2) = \min$ для $S > 324 \square^\circ$ (ср. рис. 14 и рис. 17). Правда, отклонение для 9×9 лежит на диагонали и дает некоторое указание для $S = 81 \square^\circ$, но все данные говорят в пользу резкого отличия скоплений VD.

Мы считаем, что результатам для VD-скоплений нельзя доверять. Возможное объяснение несогласующихся результатов, может быть, кроется в том, что по какой-либо причине при каталогизировании этих скоплений Цвикки была допущена систематическая ошибка. В чем состоит эта ошибка, можно только гадать, поскольку Цвикки нигде детально не описал все процедуры составления каталога.

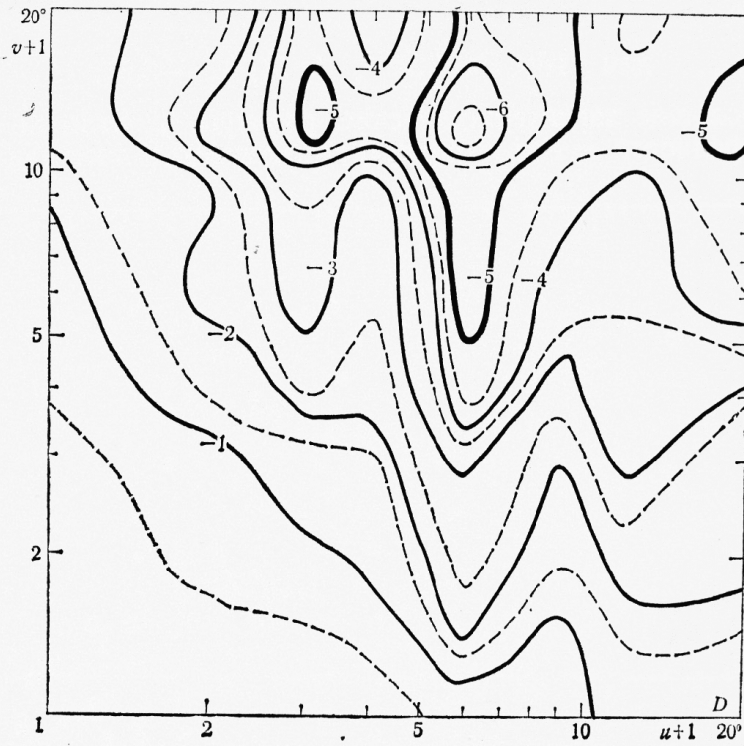


Рис. 16. Второе представление результатов для D-скоплений

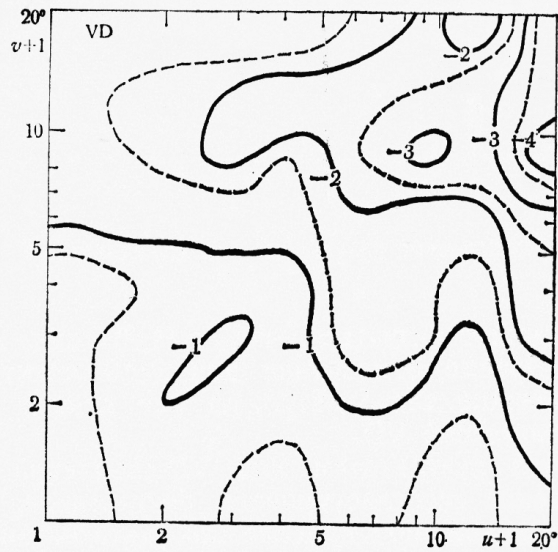


Рис. 17. Второе представление результатов для VD-скоплений

ED-скопления. Случай этот является самым замечательным из всех, исследуемых нами. Действительно, рис. 15 можно сравнить непосредственно с зоной С рис. 1, ^м данного в работе [1]. То же самое относится к рис. 18 (ср. с рис. 2, также из [1], конфигурация А). Вообще, ^м согласие такое, что лучше вряд ли можно ожидать.

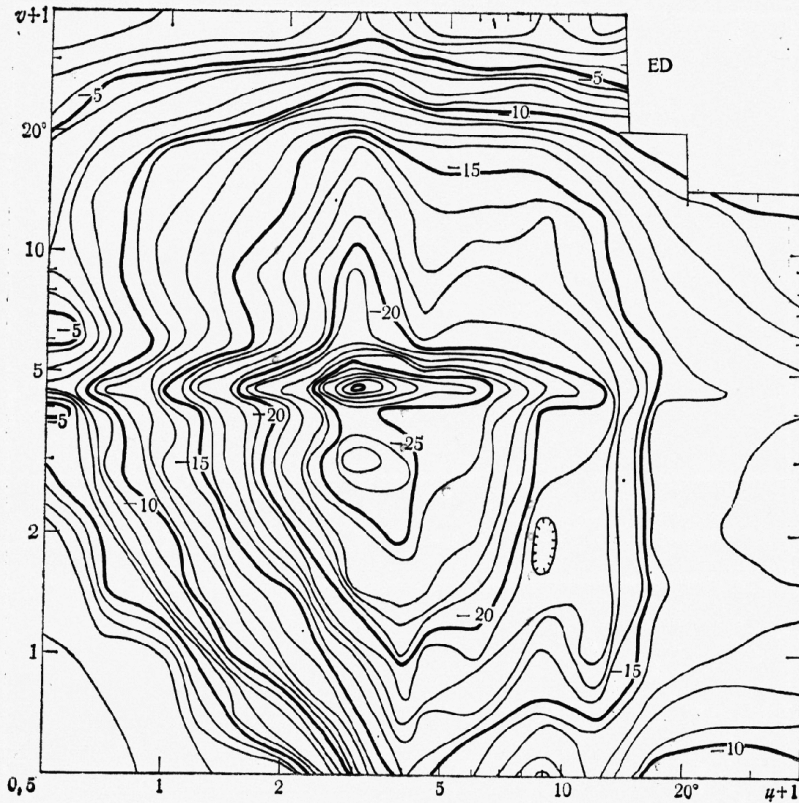


Рис. 18. Второе представление результатов для ED-скоплений

Самый глубокий минимум

$$\text{для } 3 \times 4 = 13^\circ, 5, \lg P(\chi^2) = -30,26 (!)$$

со всей определенностью указывает на необычайно резко выраженный угловой характеристический размер $3^\circ, 7$. Другой минимум

$$\text{для } 3 \times 3 = 9^\circ, \lg P(\chi^2) = -27,85$$

тоже локализован, но расположен на три порядка выше.

На рис.18 для очень больших отклонений ($\lg P(\chi^2) \leq -14$) проявляется странная анизотропия, примерно в направлении координатных осей.

Мы не в состоянии объяснить эту анизотропию, но склонны приписать ее получение скорее методу, чем наблюдательному материалу. Вполне может быть, что в случае, когда отклонения большие (т. е. тенденция к образованию скоплений второго порядка проявляется необычайно выра-

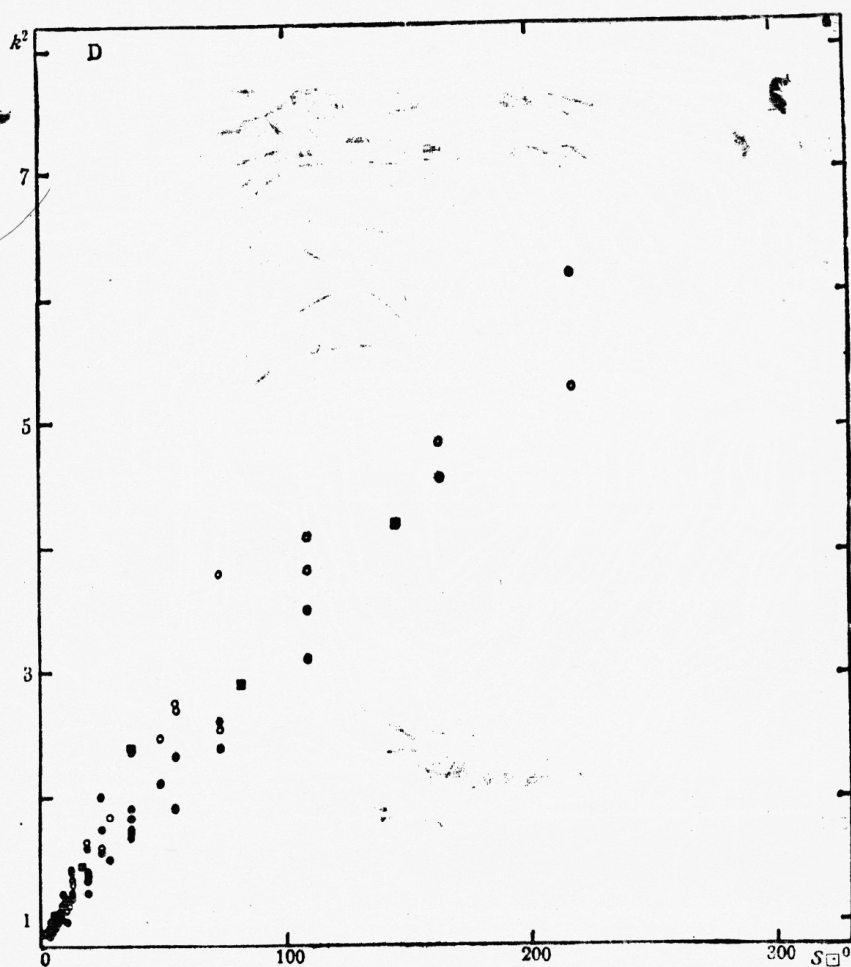


Рис. 19. Индекс группирования в зависимости от S° (D-скопления)

зительно), имеет значение (конечно!) форма разбиений — здесь прямоугольники. Если форма другая, скажем, поле разбивается на треугольники, то, очевидно, проявится другая анизотропия.

Графики, дающие представление об индексах группирования в зависимости от S , а также от $\tilde{a}(u+1, v+1)$ приведены на рис. 19—21 и на рис. 22—24 (они аналогичны рисункам 7—12 п. 3.) Как можно еще раз убедиться, они вряд ли содержат информацию, полезную на современном уровне развития проблемы существования скоплений второго порядка.

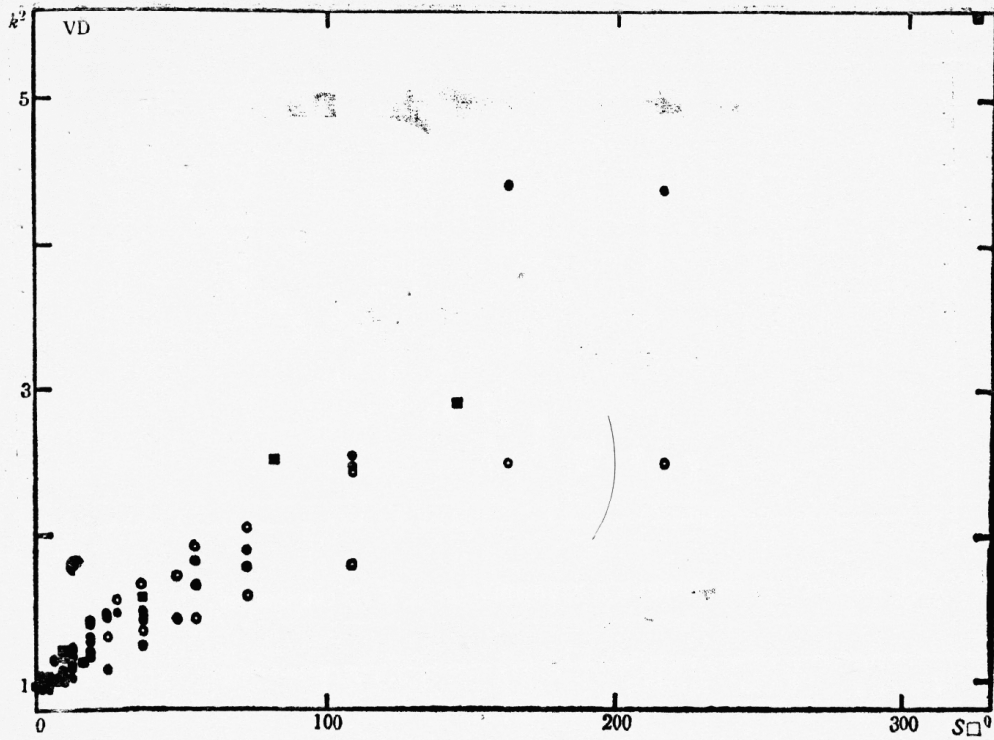


Рис. 20. Индекс группирования в зависимости от S_{\square}° (VD-скопления)

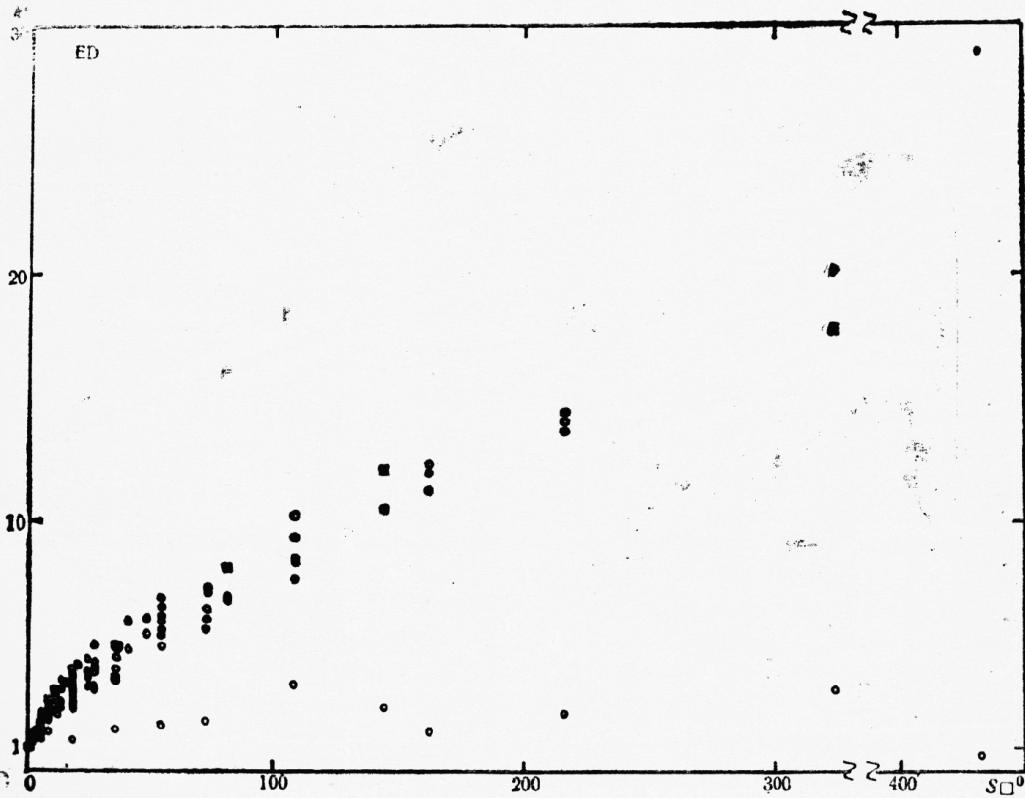


Рис. 21. Индекс группирования в зависимости от S_{\square}° (ED-скопления)

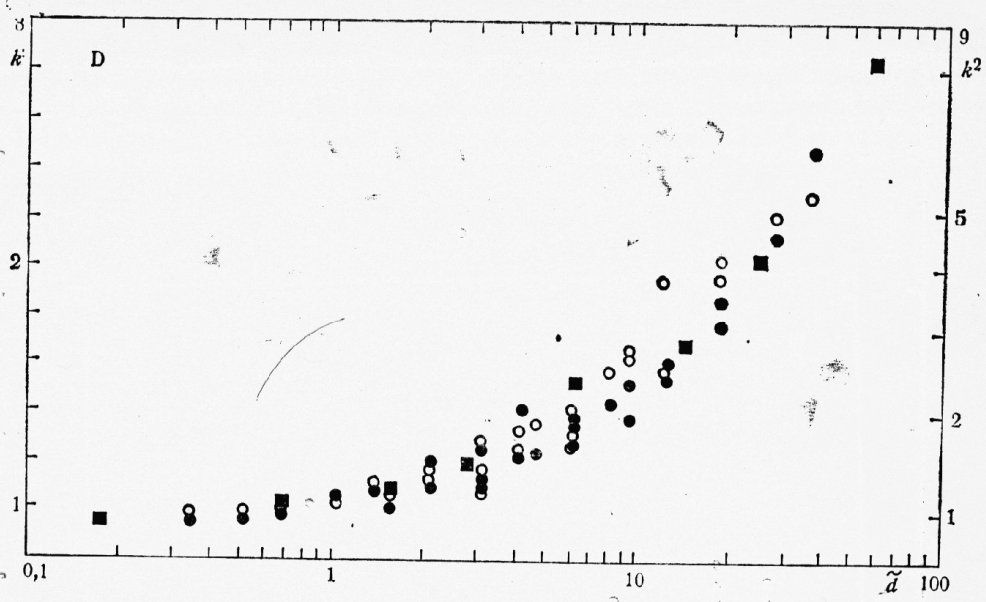


Рис. 22. Индекс группирования в зависимости от \tilde{a} (D скопления)

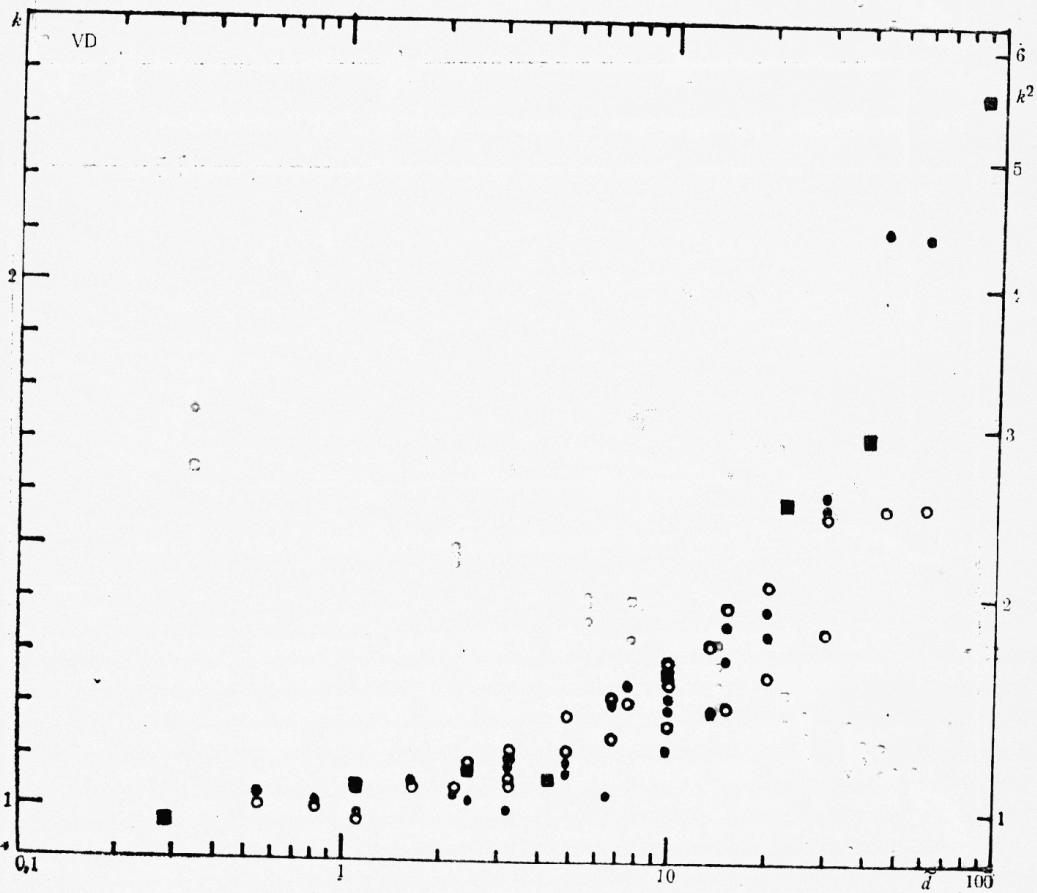


Рис. 23. Индекс группирования в зависимости от \tilde{a} (VD-скопления)

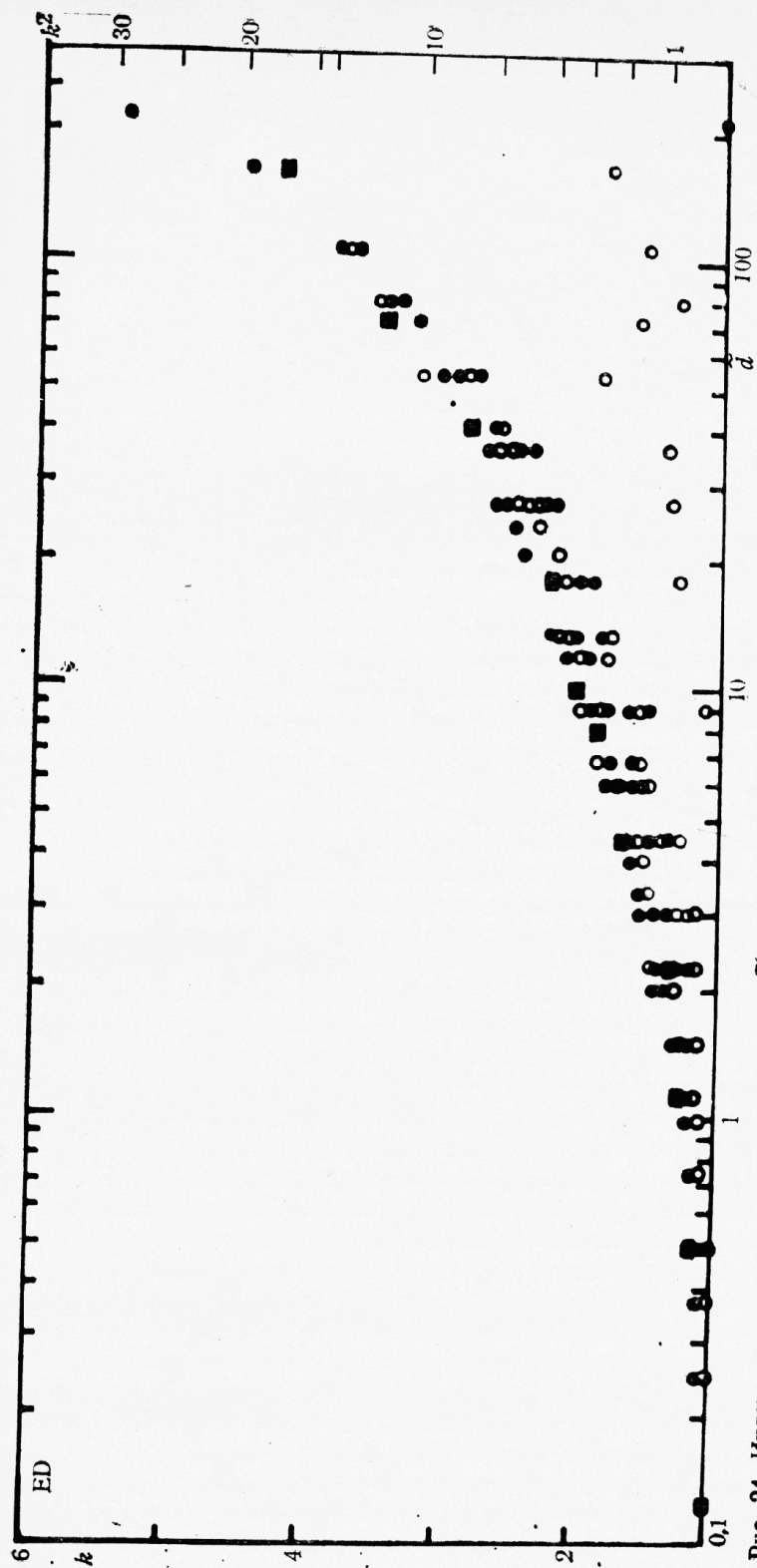


Рис. 24. Индекс группирования в зависимости от d (ED-скопления)

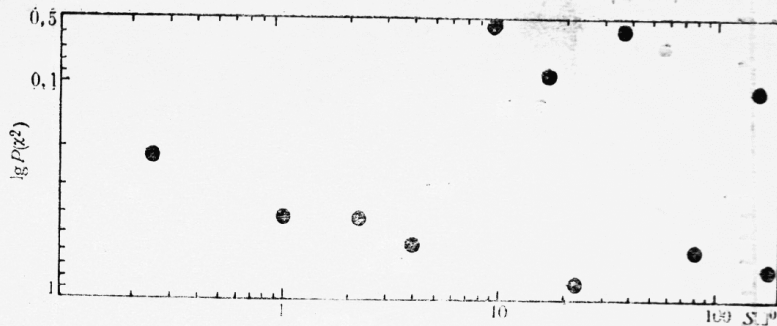


Рис. 25. Первое представление результатов для случайного поля, содержащего 651 точку. Даны только случаи $u=v$

6. Дискуссия

Рассмотрим, к чему ведут определенные в п. 3 характеристические угловые размеры, а именно $6^{\circ},4$, $4^{\circ},1$ и $6^{\circ},0$ для A5, A6 и AΣ соответственно, приняв как более представительное геометрическое среднее. На основе табл. 2 мы имеем средние величины десятой по яркости галактики $17^m,08$, $17^m,65$ и $17^m,28$ для тех же групп расстояний. При помощи линейной регрессии для красного смещения, полученного в [6], можно определить линейные характеристические размеры для A5, A6 и AΣ — 43 , 36 и $45h^{-1}$ Мпс, где h — константа Хаббла, измеренная в единицах $100 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$. (Средние расстояния до соответствующих групп 389, 508 и 427 Мпс.)

При применении совершенно иных методов линейные размеры скоплений галактик второго порядка получаются примерно $40h^{-1}$ Мпс. Безусловно, согласие с полученными здесь величинами можно считать превосходными.

Согласно Abell [2] (рис. 18 и 19), а также [10], для всех скоплений в выборке по всему исследуемому (Эйбеллом) полю характеристическая площадь для A5 определена как 40^{\square} , а для A6 — 24^{\square} ; для поля, имеющего $|b| \geq 60^{\circ}$ для A5 площадь 36^{\square} и для A6 — 20^{\square} . Для A5 и A6 мы имеем соответственно 42^{\square} и 17^{\square} .

Можно считать, что согласие тоже превосходное, если помнить, что Эйбелл получил только семь отклонений — т. е. семь точек для $\lg P(\chi^2)$, и поэтому его метод очень приближенный, так как он основан на классическом применении χ^2 -критерия, и, кроме того, в некоторых случаях характеристическая площадь определена полуинтуитивно. При этом Эйбелл использовал только скопления его выборки, а здесь использованы все скопления, но в S^* .

Остается загадкой, почему применение метода Эйбелла для его скоплений в работе Fullerton, Hoover [13] дает неопределенные результаты.

Итак, применение обобщенного χ^2 -метода для изучения тенденций к группированию скоплений галактик на основе материала из каталога Эйбелла показывает ясно и определенно, что сверхскопления галактик существуют и их линейный размер порядка $40h^{-1}$ Мпс.

Определим теперь линейные характеристические размеры скоплений второго порядка на основе полученных в п. 5 результатов. Для D-ско-

плений (угловой размер $8^{\circ},5$) линейный размер порядка $56h^{-1}$ Мпс, для VD— $124h^{-1}$ Мпс и для ED— $43h^{-1}$ Мпс. Как видно, только размеры сверхскоплений класса VD отличаются от найденных для эйбеллевских скоплений. А размеры скоплений второго порядка на расстоянии больше $600h^{-1}$ Мпс прекрасно согласуются с многими определениями других авторов. Но так как такое согласие кажется подозрительным, мы проверили результаты вычислений при помощи случайно моделированного поля.

Для ED-скоплений галактик в области S^* мы имели $\sum_{i=1}^{36} \sum_{k=1}^{36} d_{ik} = 651$.

Пусть генерируем 2×651 случайных чисел, равномерно распределенных в интервале $(0, 1)$, и рассмотрим их как координаты, определяющие место объектов индексами i и k . Тогда число объектов в квадратике (i, k) дается случайными точками, содержащимися в интервалах $\left[\frac{k-1}{36}, \frac{k}{36}\right)$ и $\left[\frac{i-1}{36}, \frac{i}{36}\right)$. Новое поле анализируется в соответствии с обобщенным χ^2 -методом но только для $\frac{u+1}{2} = \frac{v+1}{2} = 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4, 4,5, 6, 9, 12$ и 18 . Результаты представлены в табл. 10, а на рис. 25 дано изменение $P(\chi^2)$ от S^{\square} .

Заметим, что рисунок этот отличается от рис. 13—15, поскольку по ординате нанесено $P(\chi^2)$, а не $\lg P(\chi^2)$. Как видно, никакого значительного отклонения нигде не проявляется, как и должно быть, если метод работает.

Обобщенный χ^2 -метод действительно позволяет получить во всех случаях представительную информацию, как показывают результаты настоящей работы.

Авторы выражают свою искреннюю признательность Ж. Костовой, Р. Ивановой и Е. Геловской за большую помощь, оказанную при выполнении настоящего исследования.

Литература

1. Калинин, М. *Астрофиз. исслед.*, 2, 1977, 70.
2. Abell, G. O. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 3, 1958, 211.
3. Zwicky, F., E. Herzog, P. Wild, M. Karpowicz, C. T. Kowal. *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies (6 Vols.)*, Pasadena, 1961—1968.
4. Калинин, М. *Compt. Rend. Acad. bulg. Sci.*, 26, 1973, 1155.
5. Калинин, М., Н. Янева. *Астрофиз. исслед.*, 1, 1974, 93.
6. Калинин, М., К. Ставрев, И. Канева. *Письма в АЖ*, 1, 1975, в. 2.
7. Pearson, E. S., H. O. Hartly. *Biometrika Tables for Statisticians*. Cambridge, 1956.
8. Большев, Л. Н., Н. В. Смирнов. *Таблицы математической статистики*. М., 1968.
9. *Tables of Probability Functions*, II, N. Y., 1942 (русский перевод: *Таблицы вероятностных функций*, II, М., 1970).
10. Abell, G. O. *Astron. J.*, 66, 1961, 607.
11. Neuman, J., E. L. Scott, C. D. Shane. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1, 1954, 269.
12. Zwicky, F. *Helvet. Phys. acta*, 26, 1953, 241.
13. Fullerton W., P. Hoover. *Astrophys. J.*, 172, 1972, 9.
14. Калинин, М. *Изв. Секц. астрон.*, 6, 1973, 71.
15. Kalinkov, M. *Proc. First Europ. Astron. Meet. Berlin*, 3, 1974, 142.

Generalized χ^2 -Method for Investigation of the Problem
for the Existence of Second-Order Clusters of Galaxies.
II. Clusters from Abell's and Zwicky's Catalogues

M. Kalinkov, B. Tomov

(Summary)

262 clusters of galaxies from Abell's catalogue in a region of 1296° around NGP have been studied. The following characteristic (angular and linear) sizes of second-order clusters of galaxies are determined: $6^\circ.4$ or $43h^{-1}$ Mpc for distance group 5; $4^\circ.1$ or $36h^{-1}$ Mpc for distance group 6, and $6^\circ.1$ or $45h^{-1}$ Mpc for all examined clusters (h is Hubble's constant in units $100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$).

1241 clusters of galaxies from Zwicky's catalogue in a region of 1296° around NGP have been studied. The following characteristic (angular and linear) sizes of second-order clusters of galaxies are determined: $8^\circ.5$ or $56h^{-1}$ Mpc for class D, and $3^\circ.7$ or $43h^{-1}$ Mpc for class ED. For VD-clusters the value $12^\circ.7$ or $124h^{-1}$ Mpc is obtained, which does not agree with the results for the other classes, as well as with the results according to other methods. It may be supposed that the cataloguing of VD-clusters was affected by systematic error.

*Сектор астрономии
Болгарской академии наук*

Поступила 2. VIII. 1974 г