

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

# АСТРОФИЗИКА

ТОМ 16

ФЕВРАЛЬ, 1980

ВЫПУСК 1

УДК 523.855

## ЗОДИАКАЛЬНЫЙ СВЕТ И ПОДСЧЕТЫ ГАЛАКТИК

М. М. ИЫЭВЭЭР

Поступила 10 июля 1979

Показано, что найденный Фесенко градиент плотности числа галактик ярче  $15^m$  приблизительно перпендикулярно эклиптике объясняется большей предельной звездной величиной (на  $0^m5$ ) тома I каталога Цвикки и др. по сравнению с другими томами и явлением сверхсгущивания галактик — присутствием соседних сверхскоплений в зоне склонений  $15^\circ < \delta < 33^\circ$ . Поправки к звездным величинам каталога Цвикки и др. в зависимости от интенсивности зодиакального света (эклиптической широты) в среднем порядка  $0^m1$ , для галактик низкой поверхностной яркости эффект, вероятно, больше.

1. *Введение.* Каталог галактик и скоплений галактик Цвикки и др. [1] является самым обширным источником данных о видимых звездных величинах слабых галактик. Поскольку на этот каталог опираются исследования скорости и возможной анизотропии расширения Метагалактики, а также работы по распределению и строению галактик и систем галактик, то разными авторами [2—4] изучалась точность и определялись поправки к звездным величинам каталога [1].

Недавно Фесенко [5] обратил внимание на возможное влияние зодиакального света на звездные величины слабых галактик каталога Цвикки и др. Указания на это получены им из статистики подсчетов галактик в областях неба с  $b > 36^\circ$  и  $b > 56^\circ$ . А именно, область  $b > 56^\circ$  делилась прямой  $LM$  (см. рис. 1) и определялись разности чисел галактик  $n_{15,7}$  на одно поле  $6 \times 6^\circ$  в группах  $A$  и  $B$  при разных значениях угла  $\alpha$ . Достоинство выбранного Фесенко метода обработки наблюдений в том, что при всех значениях  $\alpha$  области  $A$  и  $B$  находятся примерно в равных условиях видимости — всегда почти одинаково распределены как галактические широты полей  $6 \times 6^\circ$ , так и зенитные расстояния (для наблюдателя Паломарской обсерватории). Наибольшие разности в смысле  $A-B$  полу-

числялись при  $\alpha = 150^\circ$  и  $\alpha = 0^\circ$  ( $180^\circ$ ) с максимумом разностей где-то между ними (ближе к  $\alpha = 150^\circ$ ). Таким образом, направление наибольшего градиента числа галактик приблизительно перпендикулярно эклиптике, что дало основание связать этот градиент с влиянием зодиакального света [5]. Забегая вперед, отметим, однако, что, как легко видеть из рис. 1, направление максимального градиента более перпендикулярно небесному экватору!

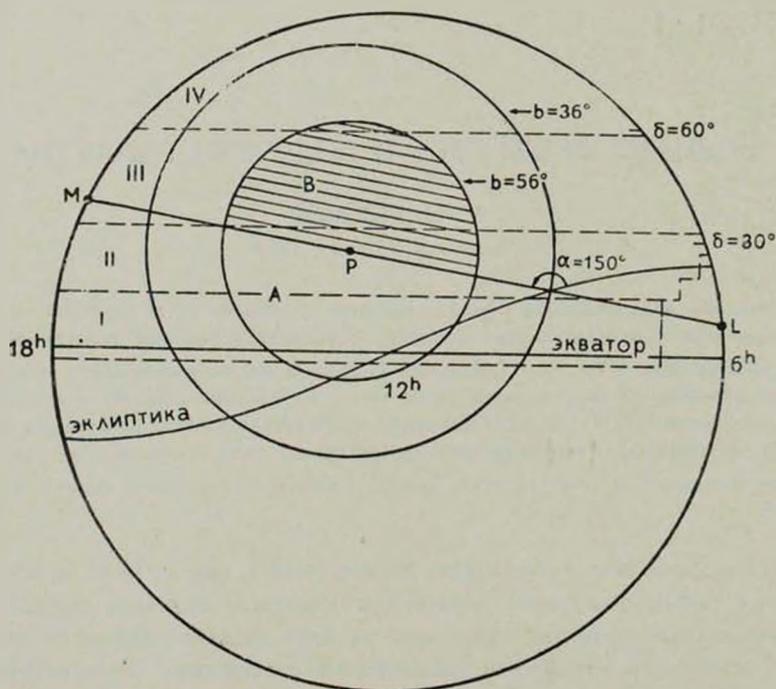


Рис. 1.

Изучив зависимость  $\langle n_{15.7} \rangle$  от эклиптической широты  $\beta$  в расширенной области  $b > 36^\circ$ , Фесенко нашел почти плавное уменьшение  $\langle n_{15.7} \rangle$  с увеличением  $\beta$ , причем

$$\frac{\langle n_{15.7} \rangle_{-15^\circ < \beta < 19^\circ}}{\langle n_{15.7} \rangle_{\beta > 60^\circ}} \approx 2.$$

Это поддерживает гипотезу о роли зодиакального света. Допуская равномерное распределение галактик по эклиптическим широтам, можно оценить приближенные поправки  $\varepsilon$  к звездным величинам  $m_p = 15^m.7$  каталога [1] (если принять, что при  $\beta \geq 60^\circ$   $\varepsilon = 0$ , то при  $-15^\circ < \beta < 19^\circ$  уже  $\varepsilon \approx +0^m.6$  [5]).

Число галактик слабее  $15^m$  растет с увеличением видимой величины быстрее, чем это ожидается при равномерном распределении галактик в пространстве. Это также удовлетворительно объясняется влиянием зодиакального света, так как естественно ожидать большего влияния (больших поправок) в случае более слабых объектов [5].

Предложенные в работе [5] поправки к звездным величинам каталога [1] и связывание их с влиянием зодиакального света основывались только на косвенных аргументах из статистики галактик при основном допущении о крупномасштабной однородности пространственного распределения галактик.

Ниже имеющиеся в литературе данные фотоэлектрических наблюдений блеска слабых галактик используются для проверки гипотезы о возможном влиянии зодиакального света на определенные фотографическим путем звездные величины  $m_p$  каталога [1]. Оказывается, что градиент числа галактик, найденный Фесенко, в основном обусловлен систематическими ошибками в звездных величинах каталога [1], но ошибки эти, вероятно, не связаны с зодиакальным светом (эклиптической широтой). Частично, найденный градиент, вероятно, отражает наличие крупномасштабных флуктуаций в пространственной плотности галактик — в первую очередь наличие близких сверхскоплений в направлении созвездий Геркулеса и Волос Вероники.

2. *Поправки к слабым звездным величинам каталога [1] в зависимости от эклиптической широты на основе фотоэлектрических наблюдений.* Для наших целей важно иметь фотоэлектрические величины многих галактик, преимущественно вблизи предела каталога [1], причем нужна однородная сеть данных, распределенных по различным эклиптическим широтам  $\beta$ . Данные фотоэлектрической фотометрии, по меньшей мере частично соответствующие этим требованиям, содержатся в работах Крона и Шейна [2] и Хакра [6].

Крон и Шейн определили поправки к  $m_p$  каталога [1] в зависимости от звездной величины и номера тома каталога [1]. При этом для ярких галактик они преимущественно пользовались ранними измерениями других авторов, а для слабых галактик ( $m_p \geq 15^m0$ ) на основе собственных наблюдений определили фотоэлектрические величины 252 галактик. Данные своих оригинальных наблюдений отдельных галактик они не опубликовали, но и приведенная в их работе [2] сводка данных содержит ценную информацию о характере ошибок  $\Delta m$  каталога [1]. Часть этой сводки, наиболее полезная для нашего исследования, представлена в табл. 1. Согласно [2] стандартное отклонение при сравнении фотоэлектрического значения видимой звездной величины с каталожным равно  $0^m31$ . Таким образом, числа сравниваемых значений  $n$ , приведенные в табл. 1, обеспе-

чивают для томов I, II и V точность поправок примерно  $\pm 0^m05$ . Для томов III, IV и VI в распоряжении Крона и Шейна имелись только отдельные фотоэлектрические наблюдения звездных величин слабых галактик. Использование для этих томов средних поправок, полученных для томов II—VI (по существу средних для томов II и V), оправдано тем, что в случае ярких галактик поправки для томов II—VI имеют сходный характер (отличный от поправок для тома I). К тому же по времени выполнения (и, вероятно, по использованной методике и калибровке) тома II—VI ближе друг к другу, чем к тому I.

Таблица 1

ПОПРАВКИ  $\Delta m = m_{\text{кш}} - m_p$  К ЗВЕЗДНЫМ ВЕЛИЧИНАМ  $m_p$   
КАТАЛОГА [1] ПО ДАННЫМ КРОНА И ШЕЙНА [2]

Том	15.0 < $m_p$ < 15.5		15.6 < $m_p$ < 15.7	
	n	( $\Delta m$ )	n	( $\Delta m$ )
I	50	+0.19	18	+0.48
II	36	0.00	30	0.00
V	90	-0.04	42	-0.06
II—V	132	-0.03	73	-0.03

Вследствие того, что эклиптические широты  $\beta$  для областей небз, покрываемых одним томом каталога [1], имеют только умеренный разброс (см. рис. 1), на основе данных табл. 1 можно судить о роли зодиакального света. А именно, площади, покрываемые томами I и V, почти одинаково расположены относительно эклиптики. Если величины поправок к звездным величинам каталога [1] определялись бы эклиптической широтой, то должно было бы иметь место равенство  $\Delta m_I \approx \Delta m_V$ , чего, однако, нет. Не выполняются и другие, ожидаемые согласно этой гипотезе, соотношения ( $\Delta m_{II} \lesssim \Delta m_V$  и  $\Delta m_I \approx \Delta m_{II} + 0^m1 + 0^m2$ ).

Таким образом, данные Крона и Шейна показывают, что в северном галактическом полушарии неба вблизи эклиптики (в томе I) звездные величины каталога [1] нуждаются в значительных поправках, значения которых совпадают с предсказанными Фесенко [5] на основе статистики подсчетов галактик. Но так как в южном галактическом полушарии вблизи эклиптики (том V) и на умеренных эклиптических широтах (том II) поправки незначительны, то, вероятно, эти поправки не следует связывать с влиянием зодиакального света.

В работе Хакра [6] описана фотоэлектрическая фотометрия 196 галактик с избыточным ультрафиолетовым излучением из списков Маркаряна [7] и Маркаряна и Липовецкого [8]. Хакра [3] использовал эти данные для вывода поправок к звездным величинам каталога [1], не об-

ращая, однако, внимания на возможные эффекты томов и эклиптической широты. Звездные величины работы [6] соответствуют диаметрам  $D_{SS}$ , которые Хакра определял на основе Паломарского атласа неба, причем согласно его оценке диаметры  $D_{SS}$  примерно соответствуют изофоте поверхностной яркости  $23^m$ . Так как диаметры фактически определяются по изофоте поверхностной яркости, составляющей определенную долю от фона, то галактикам со схожими истинными распределениями яркости по диску и равными угловыми диаметрами в случае фонов разной интенсивности приписываются разные диаметры и, следовательно, разные видимые звездные величины. При более сильном фоне вблизи эклиптики, соответствующей диаметру  $D_{SS}$ , блеск соответствует меньшему истинному диаметру, и по этой причине фотоэлектрические звездные величины нуждаются в поправках в зависимости от эклиптической широты.

Согласно кривой возрастания блеска с увеличением диаметра, приведенной Хакра [6], вблизи изофоты  $23^m$  увеличение предельной изофоты на  $1^m$  соответствует увеличению яркости  $\Delta m \approx -0^m.1 \div -0^m.2$ . Изменчивость зодиакального фона составляет  $1^m$ , присутствие других фонов уменьшает этот контраст фона, поэтому в качестве грубой оценки можно принять  $|\Delta m| \leq 0^m.1$ . Таким образом, фотоэлектрические данные Хакра имеют значительно большую точность, чем предполагаемые ошибки каталога [1] и эти данные можно использовать для проверки точности фотографически определенных звездных величин. Тем не менее, очевидно, что для точной оценки роли зодиакального света весьма тщательно должна быть составлена специальная программа фотоэлектрических наблюдений. В случае галактик с более низкой поверхностной яркостью, чем в работе [6], эффекты, связанные с изменчивостью фона, должны быть сильнее.

Таблица 2

ПОПРАВКИ  $\Delta m = m_x - m_p$  К ЗВЕЗДНЫМ ВЕЛИЧИНАМ  
 $m_p$  КАТАЛОГА [1] ПО ДАННЫМ ХАКРА [6]

$\beta$	$14.8 < m_p < 15.2$		$15.3 < m_p < 15.7$	
	$n$	$\langle \Delta m \rangle$	$n$	$\langle \Delta m \rangle$
0—29.9	15	$0.27 \pm 0.09$	4	$0.26 \pm 0.05$
30—49.9	14	$0.34 \pm 0.10$	8	$0.44 \pm 0.11$
50—90	6	$0.33 \pm 0.07$	8	$0.30 \pm 0.17$
0—90	35	$0.31 \pm 0.06$	20	$0.35 \pm 0.08$

В табл. 2 представлено сравнение звездных величин из работы [6] и каталога [1] в зависимости от эклиптической широты  $\beta$  и видимой звездной величины галактик. Значимой зависимости величины поправок  $\Delta m$

от  $\beta$  не обнаруживается. Вопреки предсказанию работы [5], вблизи эклиптики поправки  $\Delta m$  хотя и слегка меньше, чем вдали от эклиптики, но различие остается в пределах случайных ошибок.

В табл. 3 представлено сравнение звездных величин по отдельным томам каталога [1]. Видно, что в среднем по данным Хакра [6] поправки больше, чем по Крону и Шейну [2]. Вероятно, это связано с тем, что поправки различных авторов соответствуют выборкам галактик разного типа и разным предельным изофотам поверхностной яркости.

Таблица 3

ПОПРАВКИ  $\Delta m = m_x - m_p$  К ЗВЕЗДНЫМ  
ВЕЛИЧИНАМ  $m_p$  КАТАЛОГА [1] ПО  
ДАНЫМ ХАКРА [6]

Том	$n$	$\langle \Delta m \rangle$
I	1	0.67:
II	5	$0.24 \pm 0.17$
III	17	$0.36 \pm 0.08$
IV	19	$0.37 \pm 0.08$
V	8	$0.08 \pm 0.13$
VI	5	$0.41 \pm 0.07$

Резюмируя, можно сказать, что как по данным Крона и Шейна [2], так и по данным Хакра [6], звездные величины слабых галактик каталога [1] не нуждаются в значительных систематических поправках в зависимости от эклиптической широты  $\beta$ . Возможны систематические поправки  $|\Delta m(\beta)| \lesssim 0^m.1$ .

3. *Поправки к слабым звездным величинам и подсчеты галактик.* Используя полученную информацию о характере поправок к звездным величинам каталога Цвикки и др. [1], проанализируем теперь результаты подсчетов галактик, представленных Фесенко [5]. Из рис. 1 видно, что при углах  $140^\circ \lesssim \alpha \lesssim 180^\circ$  поля тома I каталога [1] попадают только в область, обозначенную через  $A$ . Поскольку реальный предел тома I на  $0^m.5$  больше пределов других томов (табл. 1), то том I при допущении однородного распределения галактик в пространстве должен содержать вдвое больше галактик на единицу площади неба по сравнению с другими томами, что приводит к градиенту поверхностной плотности галактик в направлении, перпендикулярном к экватору (почти перпендикулярном к эклиптике), как это и было найдено в работе [5]. Объясняется ли таким образом весь наблюдаемый градиент?

Оказывается, что нет. Действительно, рассмотрим подсчеты в большом круге  $b > 36^\circ$ . Будем исходить из значения  $\langle n_{15.7} \rangle_{\beta > 40^\circ} = 53.8$ , поскольку в зону  $\beta > 40^\circ$  не входит ни одно поле тома I. Будем считать это значение действительным для томов II—IV, а для тома I примем значение, в два раза большее. Зона  $15^\circ < \beta < 19^\circ$  содержит поля из тома I и тома II в соотношении 3 : 2. Простой расчет показывает, что искажение шкалы звездных величин тома I при принятых допущениях повысит число галактик на одно поле в этой зоне почти до значения, приведенного в работе [5] (87 в сравнении с 97.7). Но для зоны  $20^\circ < \beta < 39^\circ$  аналогичный расчет дает лишь значение 65, в то время как наблюдения дают 84 [5].

Чем вызван этот значительный избыток галактик в зоне  $20^\circ < \beta < 39^\circ$ ? Поскольку анализ в разделе 2 показал, что нет оснований считать поправки к звездным величинам каталога [1] зависящими от  $\beta$ , а имеется сильная зависимость от номера тома (склонения  $\delta$ ), то продолжим анализ, проводя подсчеты по зонам склонений. Как и в работе [5], будем использовать только поля каталога с координатами центров  $b > 36^\circ$ , избегая таким образом области с сильным влиянием галактического поглощения, но охватывая все же большой статистический материал (половину галактик каталога [1]). В табл. 4 приведены склонения зон (или номера томов), числа  $n$  полей  $6 \times 6^\circ$  в зоне (томе),  $\langle n_{15.7} \rangle_{\text{red}}$  — средние числа галактик на одно поле (том),  $\langle b \rangle$  — средние галактические широты,  $\langle z \rangle$  — средние зенитные расстояния во время кульминации в обсерватории Маунт Паломар. Для томов II—IV  $\langle n_{15.7} \rangle_{\text{red}} = \langle n_{15.7} \rangle$ , а для тома I было принято  $\langle n_{15.7} \rangle_{\text{red}} = 0.5 \langle n_{15.7} \rangle$ , чтобы числа галактик соответствовали пределу звездных величин других томов.

Нетрудно убедиться, что градиент в нередуцированных числах  $\langle n_{15.7} \rangle$  по склонению больше градиента по эклиптической широте  $\beta$ , найденного в работе [5]. После редукиции за счет большей предельной величины тома I числа галактик в томах I, III и IV оказываются примерно равными. Однако наблюдается значимый избыток галактик на площади, занимаемой полями тома II, причем во всех трех зонах склонений этого тома средние  $\langle n_{15.7} \rangle_{\text{red}}$  значительно превышают наибольшие  $\langle n_{15.7} \rangle_{\text{red}}$  в других зонах. В среднем на одно поле тома II приходится в 1.54 раза больше галактик, чем на одно поле соседних I и III томов и в 1.81 раза больше, чем на одно поле тома IV. При допущении однородного пространственного распределения этому соответствуют разности в  $0^m 31$  и  $0^m 43$  в эффективных предельных звездных величинах, соответственно. Рассмотрим возможные причины этих различий поочередно.

а) Неоднородности условий наблюдений и влияние галактического поглощения света. Этими факторами, вероятно, можно объяснить лишь

небольшую часть указанных различий. Так, объекты томов II и III наблюдались практически в одинаковых условиях и только для тома IV как зенитные расстояния  $\langle z \rangle$ , так и средняя галактическая широта  $\langle b \rangle$  настолько отличаются от соответствующих параметров для тома II, что дают заметный эффект. Примем для томов I и III поправку  $0^m05$ , а для тома IV —  $0^m15$  по отношению к тому II. В результате находим, что после редукции к примерно равным с томом II условиям наблюдений тома I, III и IV в среднем имеют все же эффективную предельную величину на  $0^m27$  меньше, чем том II.

Таблица 4

СРЕДНИЕ ЧИСЛА ГАЛАКТИК  $\langle n_{15.7} \rangle_{\text{ред}}$  НА ОДНО  
ПОЛЕ  $6 \times 6^\circ$  В РАЗНЫХ ЗОНАХ СКЛОНЕНИЙ  
(ТОМАХ) КАТАЛОГА [1]

Зона, том	Число полей	$\langle n_{15.7} \rangle_{\text{ред}}$	$\langle b \rangle$	$\langle z \rangle$
0'	16	45.1	$52^\circ 3'$	$34'$
6	17	62.2	55.9	28
12	19	56.7	57.7	22
I	52	54.9	55.4	27.6
18	19	95.8	61.2	16
24	18	75.3	63.3	10
30	20	87.0	61.6	4
II	57	86.2	62.0	10.0
36	18	58.0	61.7	2
42	18	59.9	58.2	8
48	16	52.6	55.6	14
54	14	58.5	53.0	20
III	66	57.3	57.4	10.4
60	12	51.8	49.6	26
66	10	36.9	45.9	32
72	7	52.7	42.3	38
78	4	53.5	38.6	44
IV	33	47.7	45.6	32.5

б) Неучтенные различия в средних поправках к звездным величинам галактик разных томов. Согласно данным табл. 1 и 3, вероятность наличия неучтенных дифференциальных поправок, достигающих  $0^m3$ , мала. Введение дифференциальных поправок из табл. 3 только увеличило бы рассматриваемые разности в эффективных предельных величинах.

в) В томе II колебания поправок при переходе от одного поля к другому больше, чем в других томах. В таком случае должны были бы наблюдаться эксцессы в распределении чисел  $n_{15.7}$  как при малых, так и при больших их значениях (а арифметическое среднее  $\langle n_{15.7} \rangle$  было бы больше по сравнению с другими томами). Распределения  $n_{15.7}$  (для тома I  $0.5 \cdot n_{15.7}$ ) по отдельным томам, однако, показывают, что распределение для тома II лишь целиком сдвинуто в сторону больших чисел.

г) Допущение об однородном пространственном распределении галактик не соответствует действительности. Поскольку значительных неучтенных систематических ошибок в звездных величинах каталога [1] и существенных различий в наблюдательных условиях не удастся обнаружить, то остается возможность, что мы имеем дело с реальным избытком галактик в области неба, покрываемой томом II.

В частности, в этой области находятся сверхскопления галактик Сота [9, 10] и Геркулеса [11]. Рассмотрим числа галактик в разных частях тома II. В направлении сверхскопления Сота ( $14^{\text{h}}20^{\text{m}} \geq \alpha \geq 10^{\text{h}}40^{\text{m}}$ , 25 полей) имеем  $\langle n_{15.7} \rangle = 98.4$ , в направлении Геркулеса ( $16^{\text{h}}20^{\text{m}} \geq \alpha \geq 15^{\text{h}}30^{\text{m}}$ , 6 полей)  $\langle n_{15.7} \rangle = 94.7$ , между Сота и Геркулесом ( $15^{\text{h}}30^{\text{m}} \geq \alpha \geq 14^{\text{h}}20^{\text{m}}$ , 9 полей)  $\langle n_{15.7} \rangle = 75.0$ , в направлении  $10^{\text{h}}40^{\text{m}} \geq \alpha$  (13 полей)  $\langle n_{15.7} \rangle = 77.4$ . Видно, что сверхскопления Сота и Геркулес выделяются как значительные сгущения в распределении слабых галактик каталога [1], однако и в других направлениях тома II наблюдается избыток галактик по сравнению с соседними томами (разница  $\sim 0^{\text{m}}2$  в эффективных звездных величинах). Таким образом, не исключена возможность продолжения сверхскопления Сота в направлении Рака и некоторого моста между сверхскоплениями Сота и Геркулес, хотя на основе данных о лучевых скоростях галактик между этими сверхскоплениями наблюдается разрыв [12].

Отметим также, что существование соседних сверхскоплений должно пригодить к более быстрому увеличению числа слабых галактик с увеличением звездной величины, чем это ожидается при равномерном распределении галактик в пространстве, что и наблюдается [5].

4. Выводы. а) Существующие результаты фотоэлектрических определений видимых звездных величин слабых галактик ( $14^{\text{m}}8 \leq m_p \leq 15^{\text{m}}7$ ) не указывают на существенное влияние зодиакального света на видимые звездные величины каталога [1].

б) Основной причиной максимального числа галактик ярче  $15^{\text{m}}7$  на единицу площади неба вблизи эклиптики является систематическое отличие шкалы звездных величин тома I каталога [1] от шкал звездных величин других томов этого каталога.

в) Причинами более быстрого увеличения числа галактик с увеличением звездной величины, чем это ожидается при равномерном распределении объектов в пространстве, являются отклонение шкалы звездных величин каталога [1] от шкалы Погсона (особенно в томе I, см. табл. 1 и 2) и существование далеких сверхскоплений.

г) После исправления чисел  $\langle n_{15.7} \rangle$  за счет известных средних поправок  $\Delta m$  к звездным величинам каталога [1], в зоне склонений  $14^{\circ}30' < \delta < 32^{\circ}30'$  (том II каталога [1]) числа галактик на единицу площади неба в 1.5—1.6 раза больше по сравнению с соседними зонами склонений (соседними томами). Этот избыток галактик свидетельствует о явлении сверхскупивания галактик. В частности, в указанную зону склонений входят сверхскопления галактик *Сомы* и *Геркулес*.

Институт астрофизики и физики  
атмосферы АН Эст. ССР

## ZODIACAL LIGHT AND THE COUNTS OF GALAXIES

М. М. JÖVEVEER<sup>1</sup>

It is suggested that the nearly perpendicular to the ecliptic density gradient of galaxies brighter than  $15^m.7$  found by Fessenko can be explained by fainter limiting magnitude of volume I of the catalogue by Zwicky et al. and by the presence of neighbouring superclusters of galaxies in the declination zone  $15^{\circ} < \delta < 33^{\circ}$ . Corrections to the magnitudes of faint galaxies given by Zwicky et al. depending on the zodiacal light intensity (ecliptic latitude) are about 0<sup>m</sup>.1, in the case of low surface brightness galaxies the effect may be larger.

### ЛИТЕРАТУРА

1. F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, M. Karpowicz, C. Kowal, *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies*, Zurich, vol. 1—6, 1961—1968.
2. G. Kron, C. D. Shane, *Astrophys. Space Sci.*, 39, 401, 1976.
3. J. Huchra, A. J., 81, 952, 1976.
4. G. Paturel, *Astron. Astrophys.*, 56, 259, 1977.
5. Б. И. Фесенко, *Астрофизика*, 14, 315, 1978.
6. J. P. Huchra, *Ap. J. Suppl. ser.*, 35, 171, 1977.
7. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 3, 55, 1967; 5, 443, 581, 1969.
8. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, *Астрофизика*, 7, 571, 1971; 8, 155, 1972; 9, 487, 1973; 10, 307, 1974.
9. G. Chincarini, H. J. Rood, *Ap. J.*, 206, 30, 1976.
10. Я. Эйнасто, М. Иыэвээр, А. Квила, Э. Таго, *Астрон. цирк.*, № 895, 2, 1975.
11. G. O. Abell, A. J., 66, 607, 1971.
12. M. Jöveveer, J. Einasto, in "The Large Scale Structure of the Universe", eds. M. S. Longair, J. Einasto, D. Reidel, Dordrecht, Holland, 1978, p. 235.