

М. С. ЭЙГЕНСОН

**ПОВЕРХНОСТНАЯ ЯРКОСТЬ НОЧНОГО НЕБА И БЕСКОНЕЧНОСТЬ
АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ВСЕЛЕННОЙ***(Представлено академиком С. И. Вавиловым 24 VIII 1938)*

Согласование конечной и низкой поверхностной яркости ночного неба с представлением о бесконечности астрономической вселенной представляет собой проблему, решения которой наука ищет вот уже более двух столетий*. Как известно ⁽¹⁾, именно трудность ее решения была одной из основных предпосылок, приведших в 1916 г. Эйнштейна (Einstein) к отказу от представления о бесконечности вселенной. Действительно, нетрудно видеть, что отказ от представления о бесконечности астрономической вселенной в каком-либо существенном отношении (в смысле пространственной бесконечности, или ограниченности времени космической эволюции, или конечности запаса космической материи или радиации) дает по крайней мере качественное объяснение наблюдаемого факта конечного значения поверхностной яркости ночного неба. Однако отказ от представления о бесконечности астрономической вселенной является философски неприемлемым. Его допустимость ныне также авторитетно оспаривается и в смысле соответствия наблюдениям ⁽²⁾. Сказанное делает целесообразным напомнить в двух словах о характере попыток решения интересующей нас проблемы, исходивших из представления о бесконечности вселенной. В основном эти попытки можно разбить на две: 1) гипотезу Шезо ⁽³⁾ и Ольберса ⁽⁴⁾, основанную на идее космического поглощения, и 2) гипотезу Шарлье ⁽⁵⁾, основанную на спецификации структуры последовательных «вселенных» [космических систем типа Ламберта ⁽⁶⁾]. Несколько особняком стоит недавняя работа акад. В. Г. Фесенкова ⁽⁷⁾, являющаяся весьма интересным синтезом 1) и 2). С современной точки зрения приемлемость 1) зависит прежде всего: а) от возможности доказать наличие достаточно сильного метагалактического поглощения и б) от возможности удовлетворительно решить энергетическую проблему последнего (т. е. в частности решить вопрос о дальнейшей судьбе поглощенного оптического излучения). Приемлемость же 2) очевидно зависит от возможности согласиться с теми ограничениями геометрии последовательных «вселенных», которые как раз специально для решения, в частности и особенности, проблемы согласования конечной поверхностной яркости ночного неба с пространственно-

* Первые работы на эту тему были сделаны еще Галлеем (Halley) в 1720 г. и Шезо (Cheseaux) в 1744 г.

бесконечной астрономической вселенной наложил на последнюю Шарлье*. Надо сказать, что открытия космического поглощения в галактической системе (8) и в подобных ей внегалактических спиральных (9) делают синтез 1) и 2) точек зрения, типа, выполненного акад. В. Г. Фесенковым, в принципиальном отношении неизбежным. Тем значительнее, что, как удалось убедительно показать акад. В. Г. Фесенкову, приемлемость 2) оказалась весьма маловероятной теперь уже не только с чисто геометрической, но и с физической точки зрения.

Кроме только что сказанного, двумя крупными дефектами, общими и 1) и 2), является то, что: а) обе они являются чисто качественными попытками, позволяющими понять причину конечного значения наблюдаемой поверхностной яркости ночного неба, но не позволяющими дать теоретическое предвычисление ее наблюдаемого конкретного численного значения, и что б) обе эти точки зрения предписываются природе, а не выводятся из нее, т. е. вводятся их авторами ad hoc для объяснения наблюдательных фактов, а не из последних.

Предлагаемая ниже точка зрения, как нам кажется, свободна от этих недостатков. В ней мы исходим из основной закономерности внегалактической кинематики—из закона красного смещения Хаббла-де-Ситтера:

$$v = E \cdot r \quad (1)$$

где v —доплерова или квази-доплерова** скорость, определяемая по относительному смещению $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ длин волн λ спектральных линий внегалактической туманности, r —расстояние последней, E —константа, равная $+1.8 \cdot 10^{-17}$ сек.⁻¹. Как известно, закон (1) проверен вплоть до наибольших расстояний R' , до которых удается получать измеримые спектры внегалактических объектов ($R' \sim 2.5 \cdot 10$ см). Излагаемая теория основывается на общепринятом и весьма вероятном предположении о возможности экстраполяции (1) вплоть до $r \rightarrow R_0$, где:

$$R_0 = \frac{c}{E}, \quad (2)$$

а c —скорость света. Нетрудно показать, что в силу красного смещения энергия фотона, излученного туманностью, находящейся на расстоянии r , уменьшается: 1) в $\left(1 - \frac{E}{c} r\right)$ раз (если красное смещение не вызвано реаль-

ным удалением внегалактических туманностей) или 2) в $\frac{1 - \frac{E}{c} r}{1 + \frac{E}{c} r}$ раз (если

красное смещение обусловлено этим удалением). В виду этого должны иметь место следующие два болометрических эффекта красного смещения: а) объекты с $r > R_0$ будут болометрически-неощутимы, б) в случае 1) средняя абсолютная яркость средней стандартной туманности, находящейся в доступном оптическим наблюдениям интервале $r < R_0$, будет на 25% меньше абсолютной яркости такой же стандартной, но близкой туманности; таким образом эта средняя туманность будет абсолютно слабее близкой туманности на

$$1.25; \quad (3)$$

в случае 2) взамен последней цифры получается несколько большая величина, равная

$$1.75. \quad (4)$$

* Можно показать (см. печатающуюся нашу статью под аналогичным названием в Астр. журн.), что современные данные о галактике и о метагалактике делают геометрические ограничения Шарлье несколько узкими.

** Г а б б л, loc. cit.

[Как известно, вплоть до наибольшего фотографически-доступного ныне расстояния R'' ($=5 \cdot 10^8$ световых лет $=5 \cdot 10^{26}$ см) метagalактическая функция плотности $D(r)$ ($=$ числу туманности в 1 объема метagalактики) $= \text{const}$; ее постоянство и при $r > R''$ в виду этого весьма вероятно.] Обозначим через $\rho(r)$ линейный радиус экранирующей области туманности*. Тогда радиус R_{00} сферы полного экранирования определяется из соотношения:

$$4\pi = \int_0^{R_{00}} \frac{4\pi\rho^2(r)}{r^2} 4\pi r^2 D(r) dr. \quad (5)$$

Считая, как это имеет место при $r < R''$, что $\rho(r) = \text{const}$ и зная $D(r)$ и $\rho(r)$ для $r < R''$, нетрудно показать, что

$$\frac{R_{00}}{R_0} \sim 200. \quad (6)$$

Если бы взамен (6) мы имели, что:

$$R_0 = R_{00}, \quad (7)$$

тогда внегалактическая составляющая поверхностной яркости ночного неба была бы очевидно равна средней поверхностной яркости средней внегалактической туманности, находящейся в оптически наблюдаемом интервале $r < R_0$. Но так как в действительности имеет место (6), а не (7), внегалактическая составляющая поверхностной яркости ночного неба должна быть на

$$2.5 \log \frac{R_{00}}{R_0}, \text{ т. е. на } 5^{\text{m}75}, \quad (8)$$

слабее этой средней поверхностной яркости средней туманности.

В другом месте автор показал, что средняя фотографическая поверхностная яркость более близких эллиптических туманностей относительно фона ночного неба по Гарвардским данным составляет $22^{\text{m}2/1''} \square$. Так как средняя фотографическая поверхностная яркость последнего равна $22^{\text{m}1/1''} \square^{(10)}$, то абсолютная освещенность от средней эмпирической туманности равна 2 объектам $22^{\text{m}2/1''} \square$, т. е. равна $21^{\text{m}45/1''} \square$. Но наши вычисления средних поверхностных яркостей туманностей были сделаны с помощью данных об их видимых интегральных яркостях, опирающихся на результаты изучения мелкомасштабных пластинок, и сведений об их угловых диаметрах, опирающихся на результаты изучения крупномасштабных пластинок. В виду этой разнородности исходного материала возникает необходимость в редукции**, равной $2^{\text{m}25/1''} \square$, в виду которой средняя абсолютная фотографическая поверхностная яркость средней близкой эллиптической туманности определяется, как равная

$$19^{\text{m}2/1''} \square. \quad (9)$$

Кроме болометрических эффектов а) и б) в виду примерно чернотельного характера кривой распределения энергии спектра туманности имеет место еще: в) фотографический эффект красного смещения.

* Под экранированием мы подразумеваем такое действие физически и оптически более плотной центральной области более близкой туманности на проходящую сквозь нее к наблюдателю часть светового потока более далекой туманности, в результате которого световой выход делается практически неощутимым.

** Детали как этой редукции, так и всей работы см. в цитированном выше, печатающемся в Астрон. журн. полном изложении нашего исследования.

Именно нетрудно показать, что в силу в) спектральный тип средней стандартной туманности в интервале $r R_0$ будет dM взамен dG_2 , каковым является спектральный тип близкой стандартной туманности. Это понижение эффективной температуры средней стандартной туманности с $\sim 6\ 000^\circ\text{K}$ до $3\ 400^\circ\text{K}$ вызывает ее покраснение и ослабление ее фотографической яркости на

$$2^{\text{m}22} \quad (10)$$

по сравнению с близкой стандартной туманностью. Суммируя все сказанное, мы на основании (3), (4), (8), (9) и (10) находим, что при сделанных предположениях внегалактическая составляющая поверхностной яркости ночного неба должна быть порядка:

$$19^{\text{m}2} + 1^{\text{m}50} (1^{\text{m}75}) + 5^{\text{m}75} + 2^{\text{m}22} = 28^{\text{m}7} (29^{\text{m}0}) \quad 1' \square. \quad (11)$$

Сравним эту теоретическую величину с наблюдением. Согласно акад. В. Г. Фесенкову⁽¹¹⁾ за вычетом вероятных значений земной, планетной и галактической составляющих на долю внегалактической составляющей остается не более 0.01 звезды 5^{m} на $1^\circ \square$ или — в вышепринятых единицах — не более

$$27^{\text{m}}8/1'' \square. \quad (12)$$

Из сравнения (11) с (12) мы видим, что при всей провизорности нахождения этих цифр теоретический расчет находится в прекрасном согласии с наблюдением.

Пулковская обсерватория.
Пулково.

Поступило
27 VIII 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Milne, ZS. f. Astrophys., 6, 1 (1933). ² Hubble, Mount Wilson Contrib., № 557 (1936). ³ Cheseaux, Traité de la comète qui a paru en 1743—1744 etc. (1744). ⁴ Olbers, Bode's Jahrbuch für 1826 (1823). ⁵ Charlier, Arkiv för Matem., Astr. och Fysik, 4, № 24 (1916); Lund Medd., № 98 (1922). ⁶ Lambert, Kosmologische Briefe (1755). ⁷ В. Г. Фесенков, ДАН, XV, 125 (1937); Астр. журн., 14, 427 (1937). ⁸ Trumpler, Lick Obs. Bull., № 420 (1930). ⁹ Eigensohn, ZS. f. Astrophys., 12, 213 (1936). ¹⁰ Dufay, Réunions de l'Inst. d'optique, 5-me Réunion, 118—155 (1933). ¹¹ В. Г. Фесенков, loc. cit.