

ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТИПИЧНОЙ КОМЕТЫ
(Комета 1942g)

Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ

Резюме. Изучение ряда полученных в Абастуманской астрофизической обсерватории фотографий открытой там же кометы 1942g показывает, что в течение всего марта 1943 года закон распределения яркости в коме практически не менялся и имел сферическую симметрию. Пространственная плотность в коме менялась обратно пропорционально квадрату расстояния от ядра. В соответствии с этим визуальные оценки интегрального блеска подобной кометы преуменьшены против истины на более чем вдвое, а масса пропорциональна принятому диаметру комы. Масса внутри измеримых изофот составляла $6 \cdot 10^{11}$ г. Интегральное излучение хвоста составляет около $1/3$ от интегрального блеска кометы. Диаметр комы—понятие к ней неприменимое. Внутри измеримых изофот диаметр кометы был больше чем у Солнца и больше чем у считавшейся рекордной кометы Холмса. Плотность у границы видимой комы составляет около 10^{-22} г/см³, а экстраполированная до поверхности ядра (при его диаметре 2 км)—порядка 10^{-11} г/см³, но в действительности, вероятно, во много раз меньше. Свойства описанные выше должны быть типичны для подавляющего большинства комет, среди которых параболические очертания головы и конусообразные хвосты с плавным изменением яркости представляют редкое исключение.

До настоящего времени внимание исследователей привлекали исключительно лишь яркие и большие кометы с параболическими очертаниями головы. Между тем, типичными кометами являются те, которые составляют подавляющее большинство. Это—слабые кометы либо в виде туманного пятна, либо в виде такого же пятна, из которого выходит узкий хвост в виде ряда тонких струй или одной струи со сгустками. Судя по фотографиям, и у тех и других строение комы одинаково—монотонное ослабление яркости с удалением от ядра и при кругообразной ее форме отсутствие ясной внешней границы. Поэтому результаты изучения одной подобной кометы должны довольно хорошо представлять строение типичных и наиболее многочисленных комет вообще. Заметим, что хвосты всех таких комет, когда они есть, всегда газовые и I типа по Бредину, как показало наше исследование ряда таких комет [7]. Наличие ряда струй и изменение ото дня ко дню углов, образуемых ими с радиусом-вектором, должно быть следствием наличия нескольких центров выделения газа (очевидно несколько глыб) и их вращения вместе со всем кометным ядром. При этом ввиду большого значения отталкивательных сил в хвостах I типа, короткие видимые струи каждый день состоят уже из нового вещества, а не из того, которое наблюдалось накануне. Непонимание этого явления приводит часто лиц, мало знакомых с теорией ко-

метных форм к выводу о появлении и исчезновении у кометы нескольких хвостов разных типов.

Прекрасный образчик типичной кометы с небольшим хвостом представила комета 1942 g Уиппл II—Тевзадзе II, а хороший материал для ее изучения—фотографии и спектрограммы ее, полученные на Абастуманской обсерватории, где она и была открыта.

Комету открыл Г. А. Тевзадзе 14 декабря 1942 г. Впоследствии выяснилось, что У и п л открыл ее 8 декабря, хотя на фотографиях небеса она была видна уже с 5 ноября. Согласно А. Д. Дубяго [1] комета имеет эллиптические элементы:

$$\begin{aligned} T &= 1943, \text{ февраль } 6.7484 \text{ UT} \\ \omega &= 39^\circ 51' 34''.4 \\ \Omega &= 100^\circ 0' 22''.5 \\ i &= 19^\circ 42' 1''.4 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} T \\ \omega \\ \Omega \\ i \end{aligned}} \right\} 1943.0$$

$$\begin{aligned} \lg q &= 0.131433 \\ q &= 1.353429 \\ e &= 0.99105 \end{aligned}$$

Мы пользовались эфемеридой, вычисленной У и п л о м по очень сходным с этими элементами [2].

В Абастумани получено 11 прекрасных фотографий кометы и ее хвоста в промежутке 3 февраля—31 марта 1943 г. и 4 спектрограммы, описанные кратко в работе [3]. Фотографии кометы, и ее спектра были получены 20-см камерой с фокусным расстоянием 100 см. Ниже приводятся результаты исследования прямых фотографий кометы, любезно предоставленных в наше распоряжение директором обсерватории Е. К. Харадзе. Список фотографий и обстоятельств их получения приводится в таблице I.

Как видим, расстояние кометы от Солнца менялось очень мало, от 1.35 до 1.55 астр. ед., а расстояние от Земли несколько значительнее—от 0.45 до 0.73. Структура комы была изучена на всех негативах, а структура хвоста—на негативах №№ 1269 и 1272, на которых он имеет наибольшую плотность и виден дальше всего.

Фотометрическая обработка. Фотографии кометы к сожалению не были специально стандартизованы, однако в тот же период в обсерватории получались для других целей отпечатки трубчатого фотометра на той же эмульсии пластинок Илфорда «Монарх», проявлявшихся как и фотографии кометы в стандартных условиях, принятых в обсерватории. Полученной для них характеристической кривой мы и воспользовались и, судя по результатам и по их внутреннему согласию, для снимков с разной экспозицией и в разные дни, эти результаты не могут существенно отличаться от того, что получилось бы при использовании специальной стандартизации для каждого данного случая.

Через негативные изображения кометы был получен ряд разрезов с увеличением в 6 раз на саморегистрирующем фотоэлектрическом микрофотометре Крюсса в Государственном астрономическом институте имени Штернберга в Москве. Разрезы проводились по направлениям, параллельным друг другу, из которых одно проходило всегда через ядро. Последнее было видимо довольно уверенно как центр симметрии и центр

Таблица I

№ негатива	Дата 1943	UT	Экспоз.	Фотопластинка	r	ρ	m_0^{**}	d_1	d_2	Примечания
1239	Февраль 3	0 ^h 5 ^m	3h00m	Imperial 1200	1.353	0.447	4 ^m .9	9'	—	хвост
1245*	9	23 45	1 30	Iford Monarch	1.356	0.456	4 7	12	—	начало хвоста
1251	22	17 27	20	—	1.378	0.504	4 3	14	20'	начало хвоста
1258	март 5	20 02	2 00	—	1.413	0.558	4 8	12	20	хвост!
1268	12	01 44	1 00	—	1.440	0.591	4 8	11	14	хвост
1269	12	23 14	2 14	—	1.444	0.498	4 8	11	11	хвост!
1272	14	0 13	2 00	—	1.451	0.602	4 8	10	14	хвост!
1279	28	22 56	1 03	—	1.540	0.705	5 5	8	—	хвост
1280	28	22 56	1 30	Astro panchr.	1.540	0.705	5 5	8	—	начало хвоста
1285	29	20 39	1 00	Iford Monarch	1.548	0.710	5 7	8	—	хвост
1294	31	23 57	1 00	—	1.561	0.728	5 7	7	—	хвост

*Получен на 16" камере Шмидта на пленке и не изучался.

** Интегральная зв. величина по советским визуальным наблюдениям, в том числе и нашим, по сводке Д. Я. Мартынова [4]. d_1 —диаметр яркой части комы по Анерту [5] по фотографиям, d_2 —визуальные оценки [6]. Наличие хвоста на снимке отмечено в последнем столбике, причем знак восклицания указывает на его достаточную плотность на негативе и на возможность проследить его на 3—4°.

Изопоты

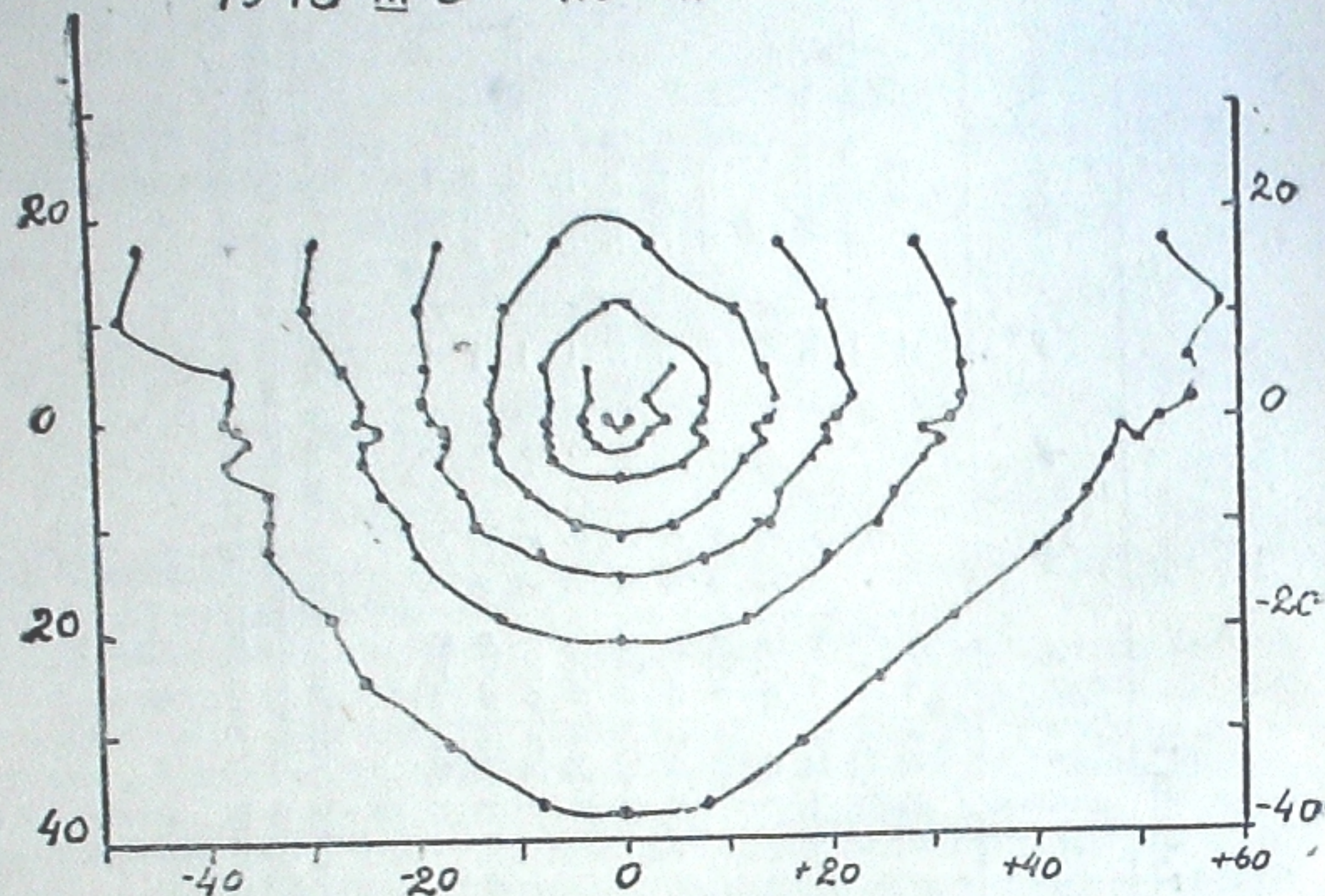
1943 III 5 20^h 02^m пл. 1258

Рис. 1 бзб.

почернения, не отмеченный однако звездоподобным объектом, который часто наблюдается визуально и который лишь и является истинным (твердым) ядром кометы. Разрезы делались по направлению, перпендикулярному к радиусу-вектору кометы и так часто, как этого требовала быстрота изменения почернения для того, чтобы можно было построить подробные изопоты.

По измерению микрофотограмм, после их редукции с помощью характеристической кривой, были построены изопоты, кончая изопотой, достаточно уверенно отличимой от фона неба на негативе, причем изопоты проведены через каждые 0.2 в логарифме яркости. Для каждого негатива интенсивность в центре комы принималась за 1. Единица масштаба на рисунке изопот составляет 1/6 мм негатива. К счастью для точности результата, интенсивность в центре никогда не уходила в область явных передержек. На наиболее плотном негативе 14 марта периферийная изопота соответствует интенсивности в 40 раз меньшей чем в центре комы, т. е. интенсивности на 4 зв. величины более слабой. На глаз в хвосте заметны

детали еще более слабые, но количественное измерение их ненадежно, о чем говорит хотя бы уже нарушение плавности в наружной изопоте.

Изопоты

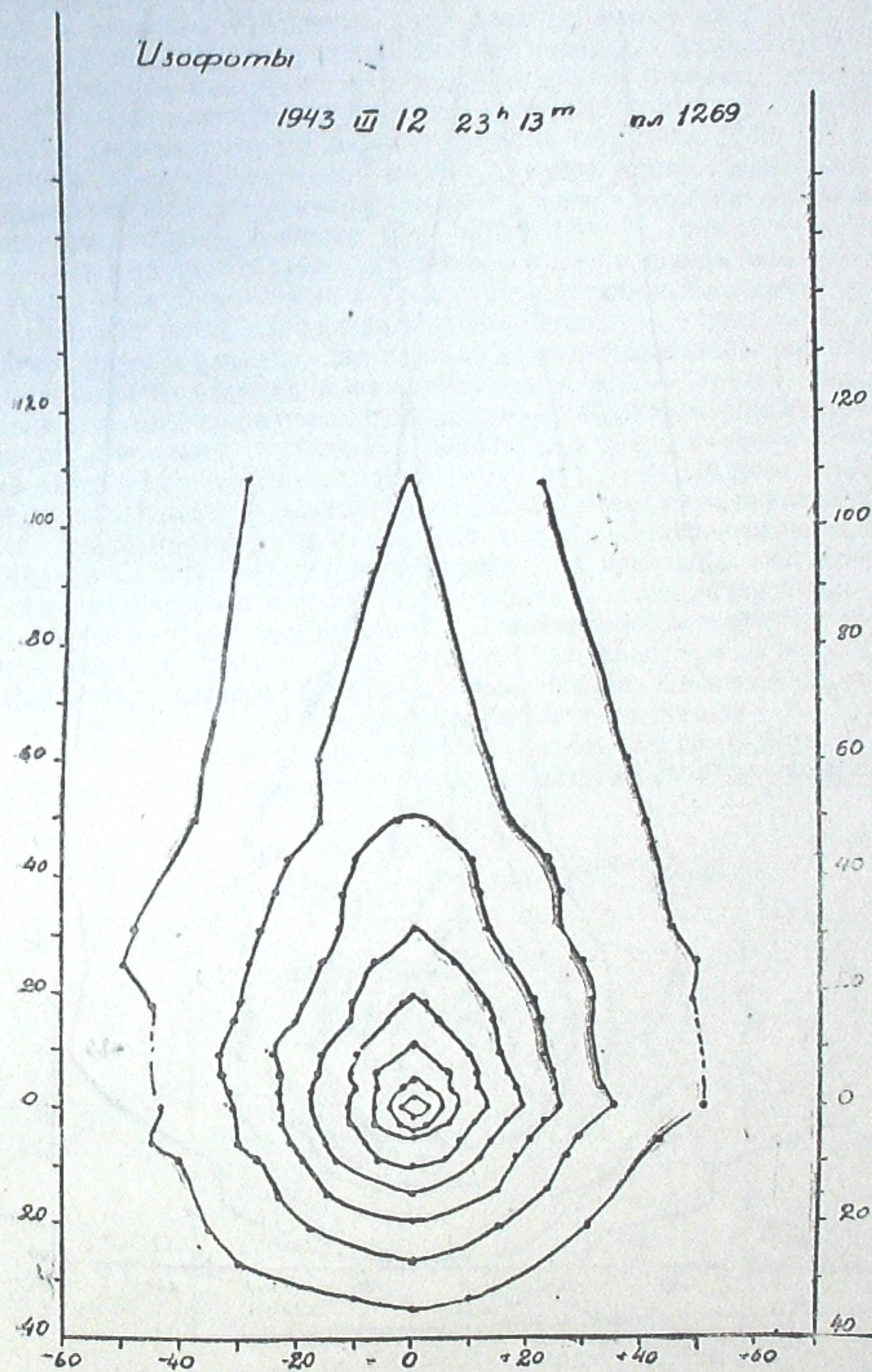
1943 III 12 23^h 13^m пл. 1269

Рис. 2 бзб.

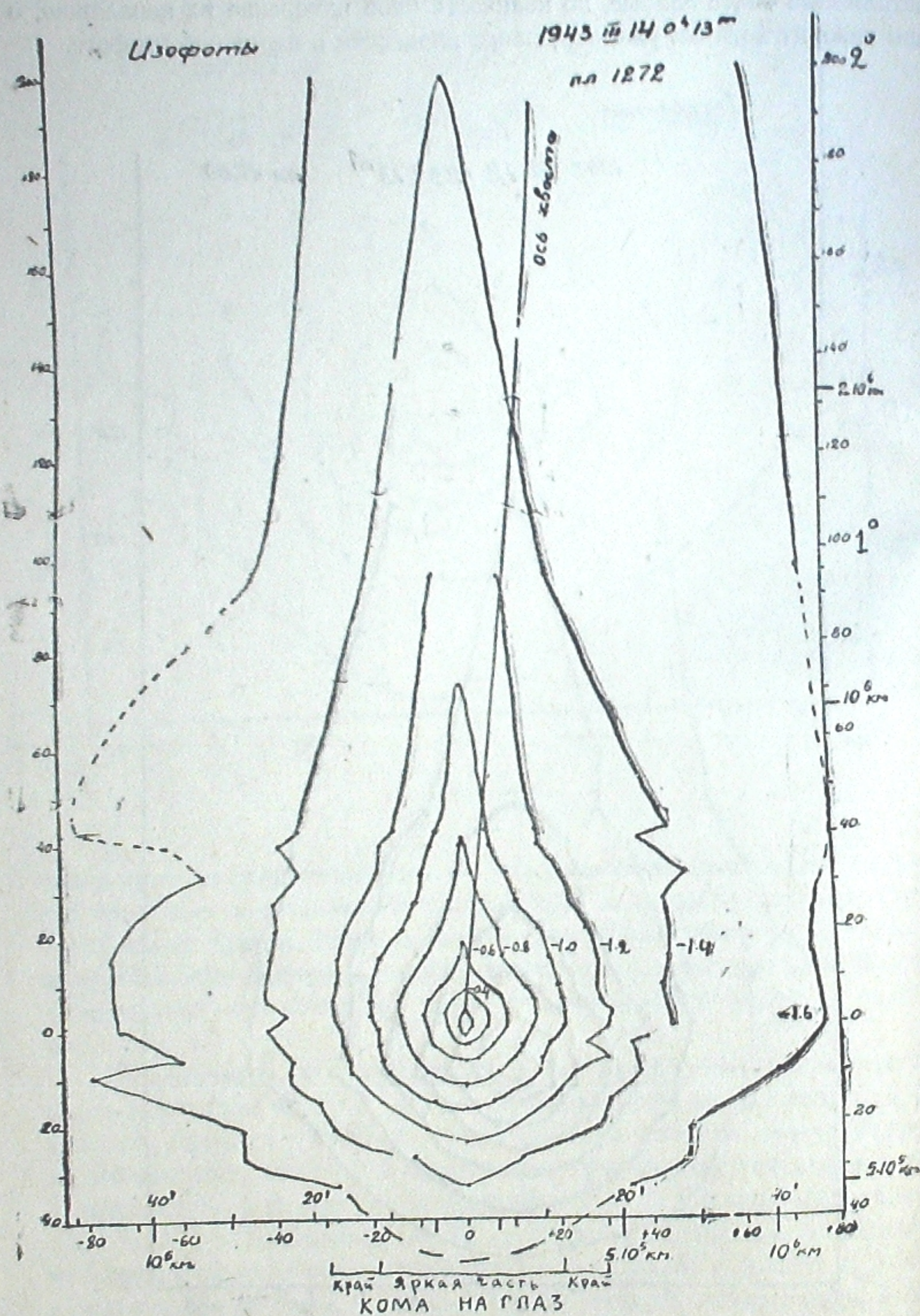


Рис. 3 ббв.

Форма луковичной кометы. Прежде всего мы постарались выяснить, насколько меняется форма комы и закон падения яркости в ней ото дня ко дню. Сравнение изофот показывает, что в течение всего марта, а вероятно и в течение ряда месяцев, форма изофот на полусфере, обращенной к Солнцу совершенно не менялась. Здесь изофоты в пределах точности измерений (на которые могли повлиять незамеченные звезды, просвечивающие через кому) в среднем являются полуокружностями с центром в ядре. При этом изофоты негативов 1269, 1279, и 1285 (12, 28 и 29 марта) в среднем вполне круглые (с некоторой асимметрией в виде более пологого убывания яркости к западу; расстояния здесь между изофотами больше). Изофоты 1258, 1272 и 1294 (5, 14 и 31 марта) в свою очередь ближе друг к другу. На них направление поперечной асимметрии такое же, но в направлении к Солнцу есть легкая приплюснутость. Впрочем, учитывая ошибки в фиксации положения ядра (а следовательно и координат точек и единицы для измерения интенсивностей), ошибки винта перемещающего каретку микрофотометра и всякие другие возможные сдвиги, все изофоты на стороне обращенной к Солнцу можно считать практически круговыми и дающими одинаковый закон падения яркости от ядра вдоль радиуса. Это иллюстрируется рис. 7, на котором изображены точки, относящиеся к разрезу, проходящему через ядро перпендикулярно к радиусу 31 марта, тогда как кривая изображает закон падения яркости от ядра к Солнцу. Мы видим, что кривая эта прекрасно совпадает с распределением яркости в обоих направлениях поперек радиуса-вектора. На этом рисунке по оси ординат отложены интенсивности относительно центра комы, а по оси абсцисс—расстояния от ядра, принимая за единицу 1 мм микрофотограммы или 1/6 мм на негативе. На рис. 8 показан случай большого расхождения в законах падения яркости на негативе № 1268. Но оно устраняется допущением сдвига начала отсчета всего лишь на 0.1 мм при поворачивании пластинки для измерений на столе микрофотометра.

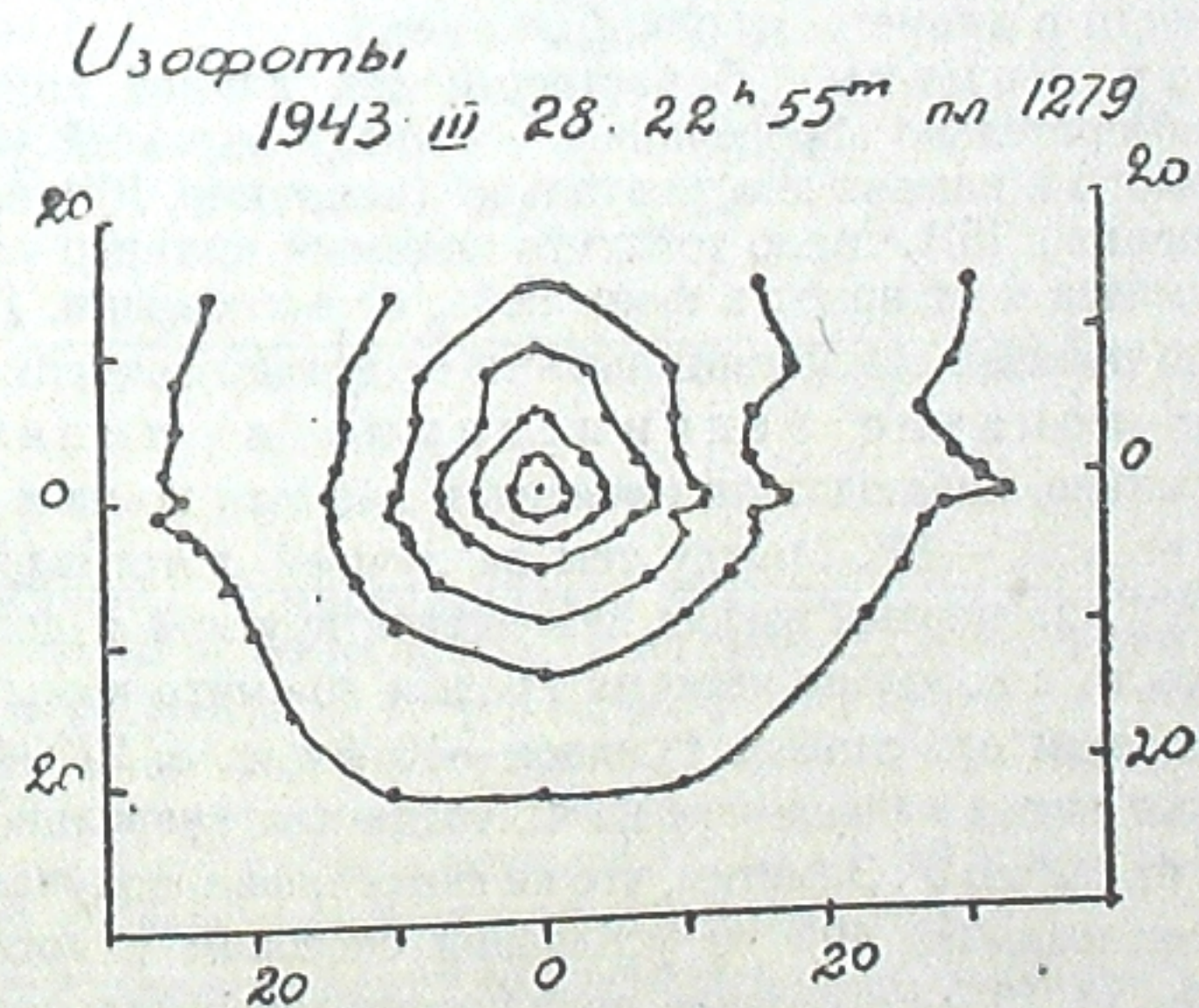


Рис. 4 ббв.

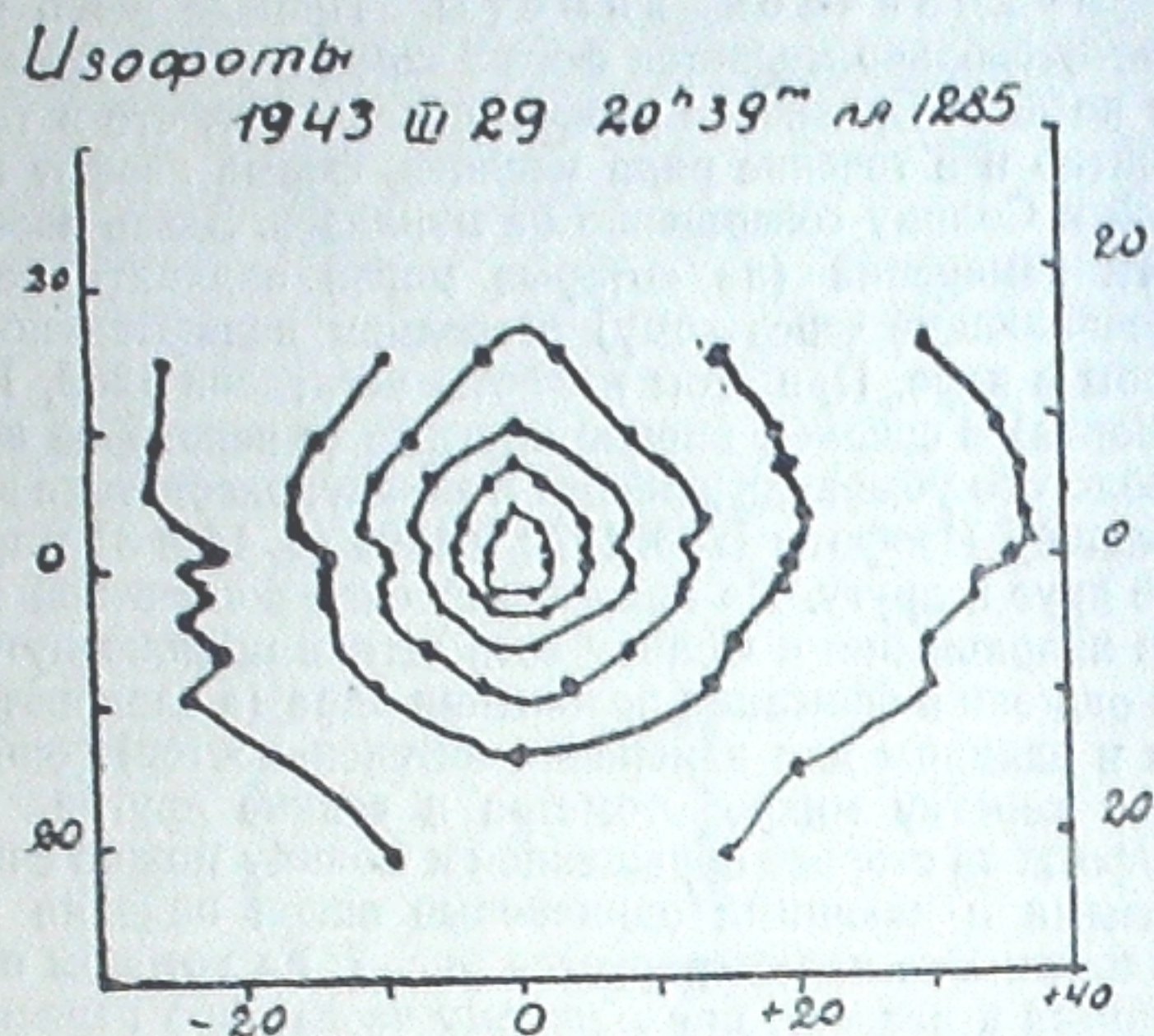


Рис. 5 бзб.

К сожалению сравнение самих поверхностных яркостей на разных пластинках было невозможно ввиду отсутствия на негативах как протяженных изображений с известной поверхностной яркостью, так и внефокальных изображений звезд. Судя по оценкам визуального интегрального блеска (табл. 1), в марте по 14-ое включительно и поверхностная яркость была постоянна, а от 28 по 31 марта последняя была вдвое меньше и тоже почти постоянна. Тут мы и приходим, однако, к интересному выводу о яркости и диаметре типичных комет.

Диаметр кометы. В частности для данной кометы многие наблюдатели старательно определяли и сообщали видимый угловой диаметр комы кометы в разные дни, визуально (например, [6]) или по фотографиям (например, [5]). Мало того, что видимый диаметр кометы зависит от инструмента и от яркости фона неба, от экспозиции. Диаметр типичной кометы понятие в действительности не только зависимое и условное, — диаметр — понятие неприменимое к типичной комете. Визуально, наблюдатели оценивали диаметр комы в марте одни в 2'—3', другие в 10'—15'. Между тем на лучшей фотографии комы 12 марта (№ 1269), на первый взгляд кажущейся круглой и довольно равномерной яркости с довольно четкими краями, диаметр комы составляет 8, а с окружающим его слабым туманом — 10 мм, т. е. 27'—34', в среднем 30', а хвост виден дальше чем на 4°, тогда как визуально его длину оценивали [6] от 1/2° до 3°. Заметим, что на фотографии, полученной нами в Алма-Ата с экспозицией 40^m и усиленной способом пинотипии, хвост прослеживается на 13° — расстояние по видимому максимальное, достигнутое при фотографировании хвоста этой кометы.

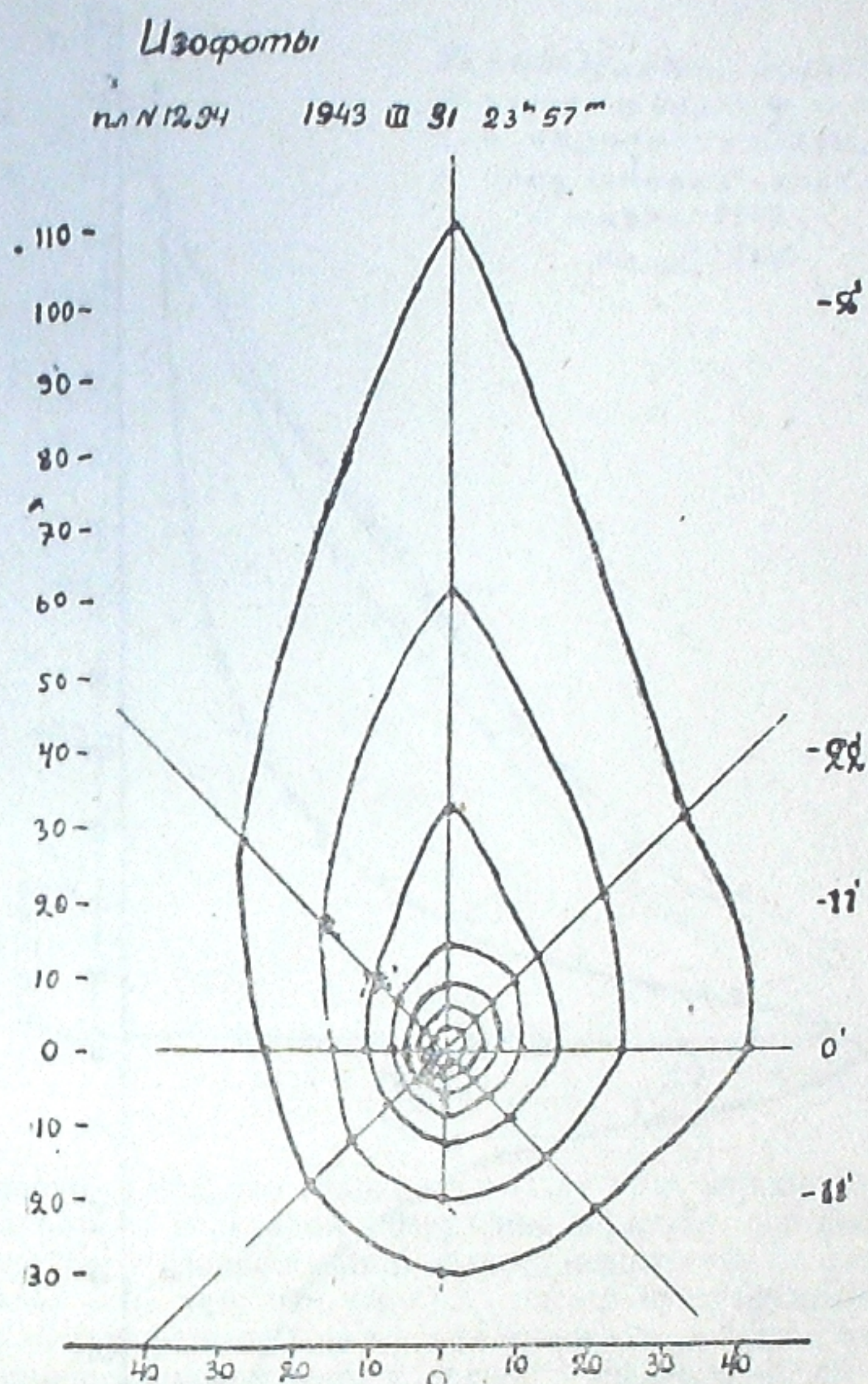


Рис. 6 бзб.

На фотографии 14 марта диаметр комы на глаз составляет 24'—36', т. е. тоже около 30' и всего лишь... 7' на снимке 22 февраля с наименьшей экспозицией в 20 минут. А нерт [5] по фотографиям, на которых хвост гораздо плотнее чем на фотографиях Тевзадзе, оценивал на глаз диаметр комы в марте около 11'. Наше измерение яркой части комы по приводимым им фотографиям дает от 37' до 40' 29 марта и от 56' до 95' 3 марта, а со слабыми, еще заметными краями — 120'.

Между тем, диаметр наружной, еще уверенной изофоты 14 марта, где яркость в 40 раз меньше центральной, составляет 160', т. е. более чем в 5 раз превышает диаметр кажущийся для глаза на той же фотографии.

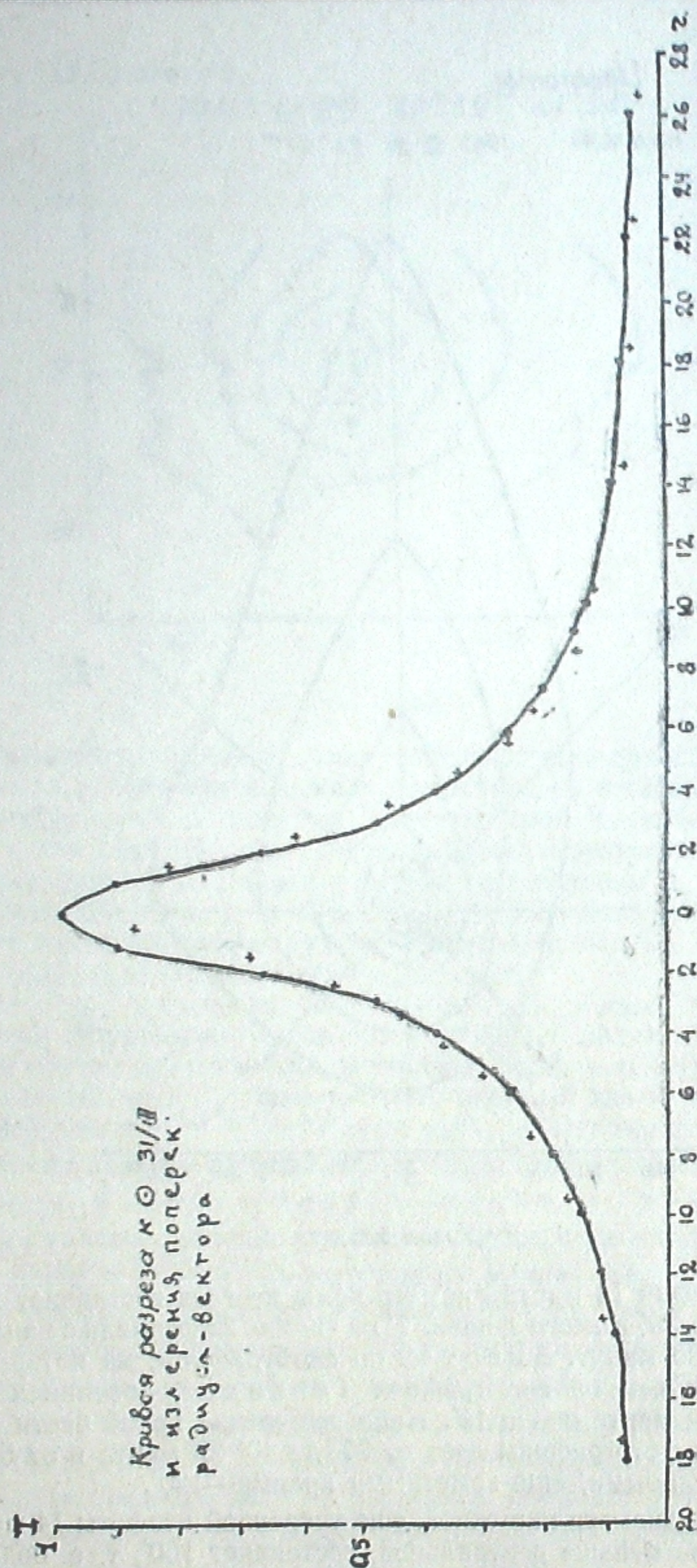


Рис. 7 б5б.

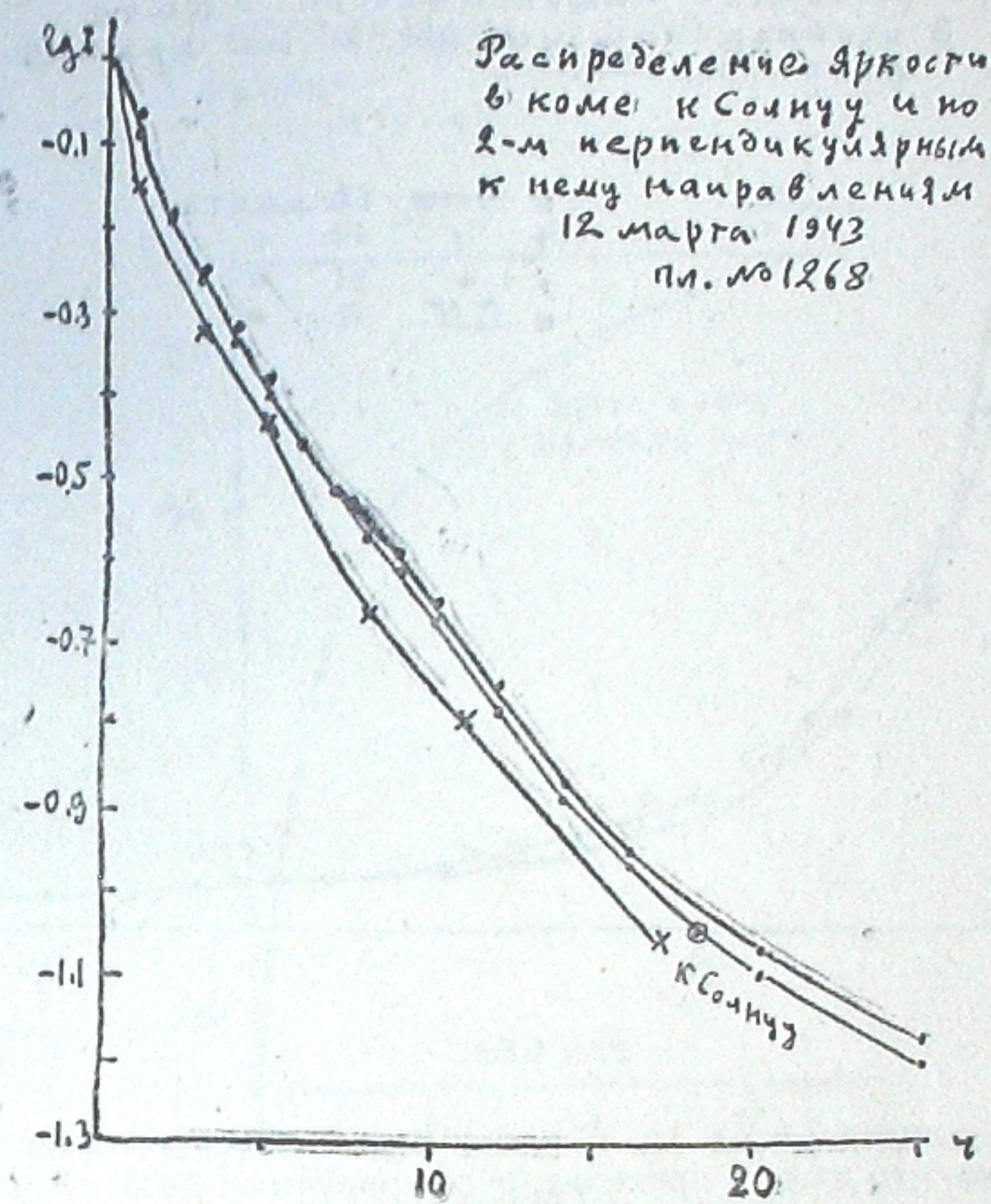


Рис. 8 б5б.

Это обусловлено тем, что граница комы на глаз определяется не ходом яркости, а резким перепадом почернения негатива, где последний обусловлен переходом изображения в область недодержек на характеристической кривой, а не тем, что «микрофотометр чувствительнее чем глаз». Наоборот—микрофотометр не выявляет нежные детали в хвосте, интегрально воспринимаемые глазом с полной уверенностью, где почернение больше чем у фона всего лишь на несколько процентов. До полного слияния с фоном неба на негативе диаметр комы составляет около 4° , т. е. около 0.04 астр. ед. или около $6 \cdot 10^6$ км, т. е. в четыре раза больше чем Солнце!

Как видно на рис. 7 и 12 кривая падения яркости вдоль радиуса комы асимптотически приближается к оси абсцисс, т. е. с ростом экспозиции и светосилы астрографа видимый диаметр комы должен расти неограниченно и понятие диаметр к коме типичной кометы неприменимо.

Комету Галлея называют большой и максимальный диаметр у ее головы находили равным $8.5 \cdot 10^5$ км. Если этот диаметр определяется реальной параболической оболочкой с резким краем, то для нее это имело смысл. Наибольшей по размеру считают комету Холмса 1892 III, при-

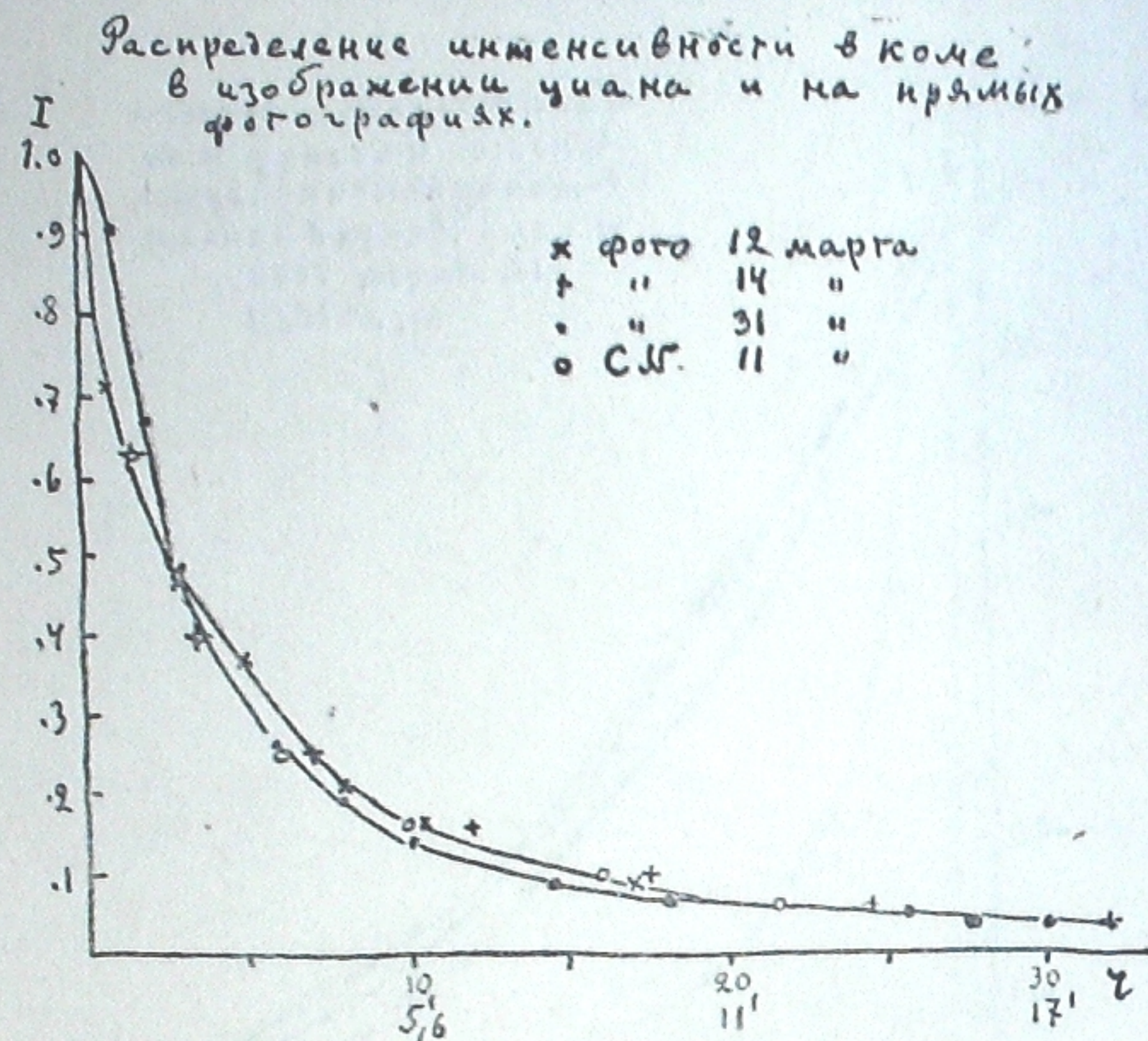


Рис. 9 бзб.

писывая ей диаметр $3.3 \cdot 10^6$ км, т. е. в $2\frac{1}{2}$ раза больше солнечного. Мы видим, однако, что даже в пределах, регистрируемых на фотографии, полученной со средней светосилой и при нормальной экспозиции, кома типичной «малой кометы» Гевзадзе II была больше чем принятый максимум комы кометы Холмса,—больше всех, когда либо измеренных.

Поэтому современные измерения диаметров комы типичных комет в разные дни и у разных комет и сравнение их друг с другом лишены всякого смысла, как бы они ни делались визуально или по фотографиям. Имеет смысл указывать лишь диаметр той изофоты, где яркость меньше чем в центре в определенное число раз и кроме того указывать абсолютную яркость у этой изофоты или в центре комы.

Яркость типичной кометы—величина тоже плохо определяемая, но имеющая ясный смысл, когда определяют поверхностную яркость определенной точки внутри комы и имеющая менее ясный смысл, когда под ней понимают интегральный блеск кометы. О зависимости оценок интегрального блеска от условий наблюдения писалось немало. Повидимому визуальное сравнение кометы с внефокальными изображениями звезд дает фактически нечто среднее между ее поверхностной яркостью и интегральным блеском.

Поскольку диаметр комы типичной кометы асимптотически стремится к бесконечности, точное определение ее интегрального блеска невозможно. Однако возможно указать приблизительную роль, играемую при этом различными зонами комы.

Интегральный блеск
в функции взятого радиуса
комы.

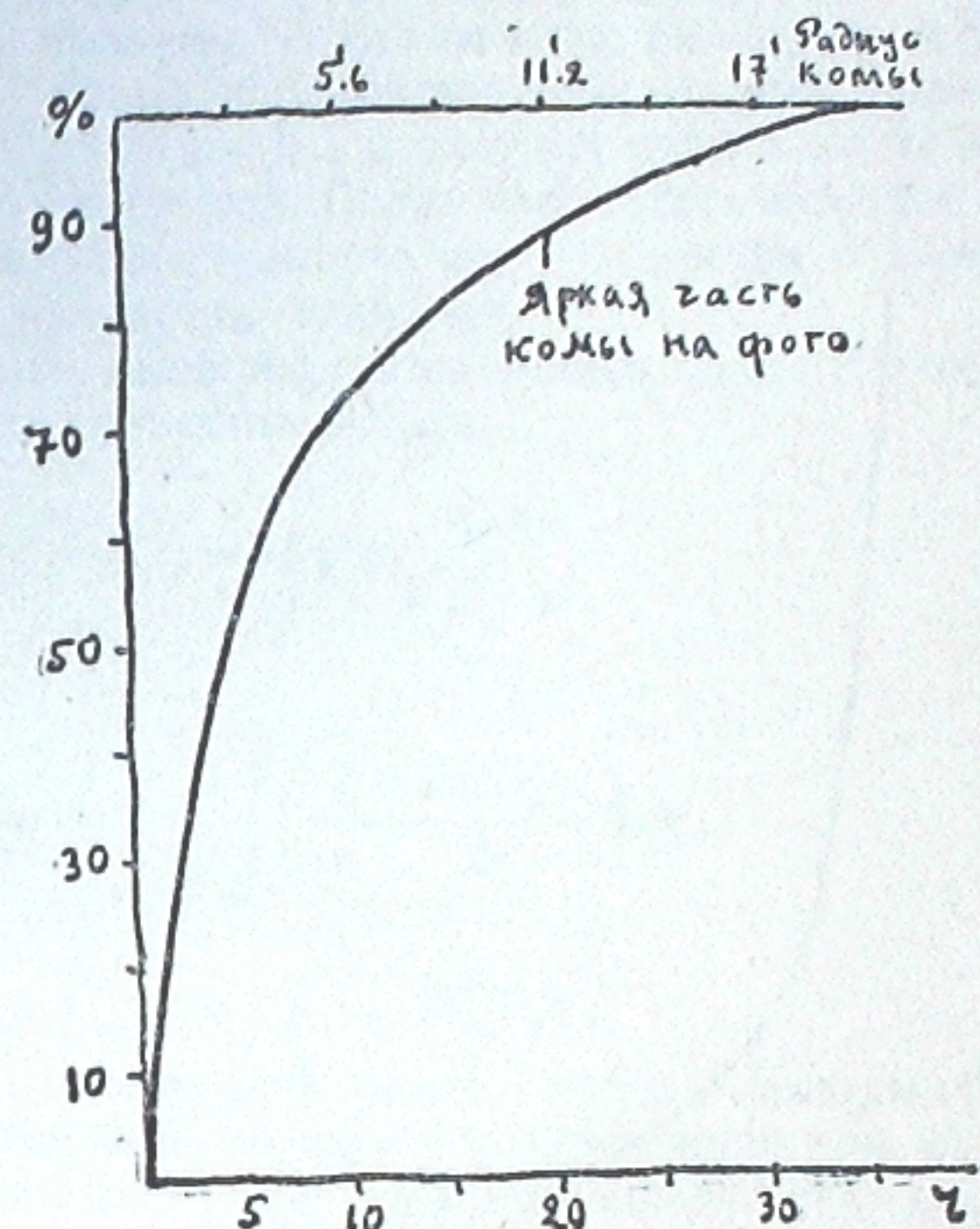


Рис. 10 бзб.

Мы взяли для изучения фотографию 31 марта. Заметим, что в оценках блеска луковичных комет хвост не учитывается и вообще его влияние было бы мало. Интегрированием осредненной кривой изменения яркости в функции расстояния от ядра мы получили кривую, представленную на рис. 10, где условно за границу комы принята изофота с интенсивностью 0.025 от интенсивности в центре. Она соответствует условному диаметру комы в $42'$. По абсциссам отложены расстояния в миллиметрах на микрофотограмме и минуты дуги, а по ординатам интегральный блеск в долях условного полного блеска внутри изофоты 0.025. Мы видим, что в таком случае 50% полного блеска заключено внутри изофоты с диаметром всего лишь $5'$. Минимальные визуальные оценки давали вдвое меньшую величину, а максимальные в 2—3 раза больше чем $5'$. Внутри изофоты диаметром $25'$, соответствующей яркой части комы, какой она кажется для взгляда на фотографии, заключено уже 90% полного блеска.

Таким образом, интегральный блеск комы оценивается наблюдателями с преуменьшением не более чем в 2 раза, отвлекаясь от ошибок в оценке блеска той внутренней части комы, блеск которой они про себя условились оценить. Этим и следует объяснить, что при всем различии условий наблюдения и труд-

Распределение пространственной
световой плотности в коме
в единицах яркости в ее центре

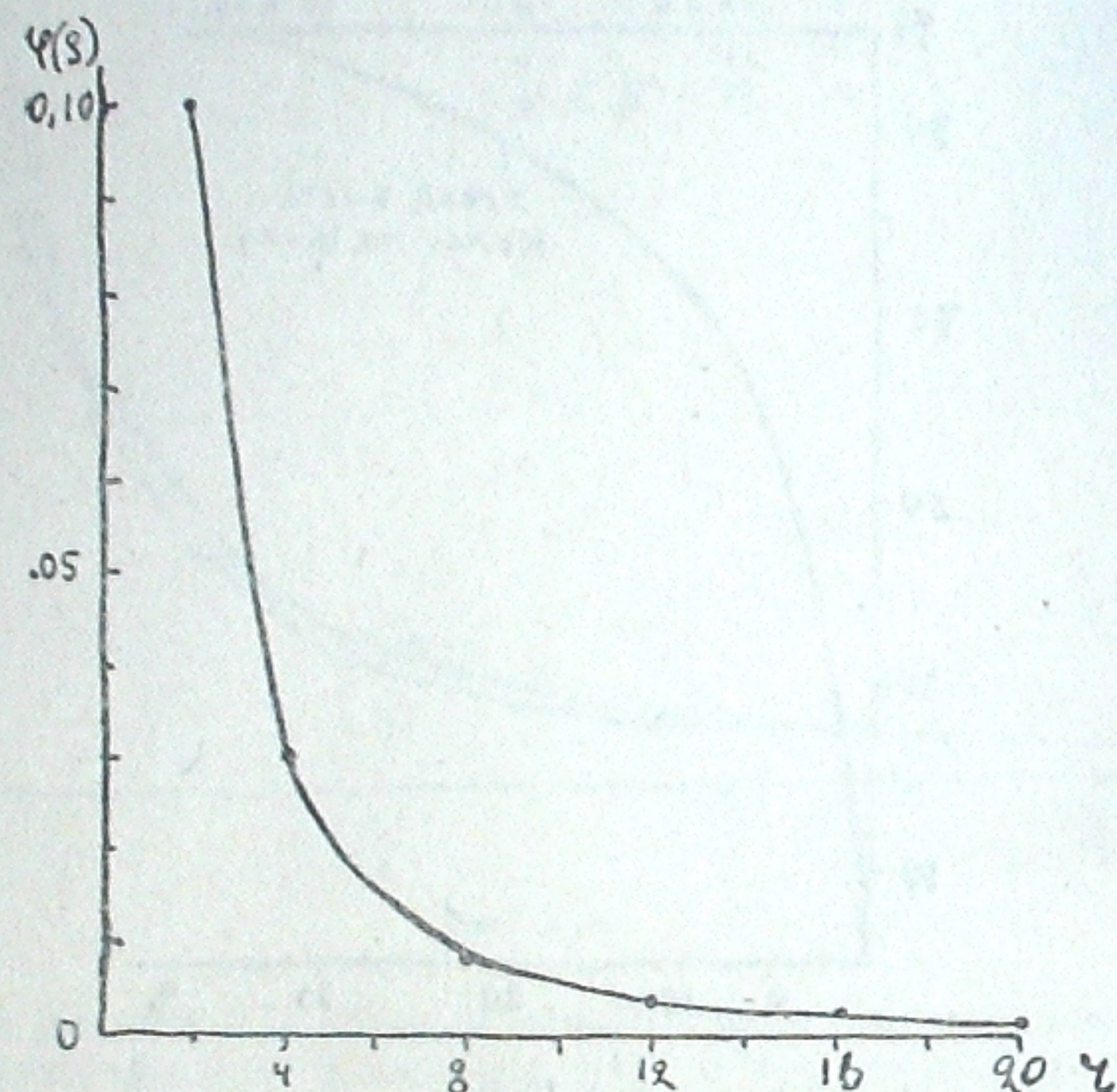


Рис. 11 б5б.

ности сравнения больших, размытых объектов со звездами, оценки блеска комет с диаметрами, стремящимися к бесконечности, сходятся друг с другом не так уже плохо и сравнительно редко различаются больше чем на звездную величину.

Отсутствие возможности выразить интегральный блеск кометы по нашим фотографиям в шкале звездных величин препятствует выяснению того, как происходили те значительные и неправильные колебания блеска, которые отмечались всеми наблюдателями визуально.

Пространственные плотности в коме. Довольно симметричная и практически даже круговая форма изофот на всех фотографиях позволяет вычислить закон радиального изменения относительной плотности $\varphi(\rho)$ светящегося вещества в коме, применяя метод разработанный для шаровых звездных скоплений. Метод применим к полусфере обращенной к Солнцу, но выводы вероятно применимы целиком ко всей коме, т. к. деформация изофот на другой полусфере вероятно целиком обусловлена влиянием излучений хвоста, имеющего иной уже химический состав. На рис. 9 сопоставлены законы падения яркости $I(r)$ по направлению к Солнцу для фотографий кометы в три различные дня и

для изображения в полосе циана 3883\AA , измеренного на спектрограмме 12 марта. Как и следовало ожидать, они в пределах ошибок измерений совпадают друг с другом. (Расхождение у самого ядра, на расстоянии от него в 1 мм на негативе могло быть вызвано сдвигом на долю миллиметра или случайной причиной. Кроме того в центре из-за большой плотности негатива и ошибки больше). В самом деле, фотографическая яркость кометы создается примерно наполовину этой полосой циана и наполовину полосой углерода C_2 . Остальные излучения ядра и комы вместе составляют всего несколько процентов. Ввиду всего этого выводы, полученные для световой плотности в пространстве $\varphi(\rho)$ полностью применимы и к плотности циана и к плотности углерода.

После различных проб мы остановились на методе тен-Бругенк-те [8], решающего уравнение Абеля:

$$I(r) = 2 \int_r^R \varphi(\rho) \frac{\rho \cdot d\rho}{\sqrt{\rho^2 - r^2}} \quad (1)$$

в форме

$$\varphi(\rho) = -\frac{1}{\pi} \int_r^R \left(\frac{1}{r} \frac{d(I(r))}{dr} \right) d\zeta, \quad (2)$$

где

$$\zeta = \sqrt{\rho^2 - r^2}.$$

Мы находили эту величину меняя r через 1 (каждые 0.167 мм негатива, т. е. 1 мм на микрофотограмме) и вдвое чаще при малых $r \leq 7$, находя $d\zeta$ графически как длину отрезка хорды между двумя соответствующими кругами. При данном r_i рассматриваются все внешние круги до R и ζ_i

умножается на $\frac{1}{r} \left(\frac{dI}{dr} \right)_{r=r_i}$ взятое по кривой их для середины соответствующих краев кольцевой зоны. При этом пренебрегать точками с $r > 10$ оказалось невозможным.

При вычислениях граница комы R была условно принята равной 35, т. е. $21'$ и в силу сказанного о блеске и яркости кометы пренебрежение внешними частями комы не должно сказаться для данного расчета. При вычислениях встретились трудности, обусловленные неточностью наблюдаемой кривой, и были изучены различные варианты графического определения и вычисления нужных величин. Результаты были проверены непосредственным применением формулы:

$$I(r) = 2 \int_r^R \varphi(\rho) d\zeta, \quad (3)$$

в которую подставлялись вычисленные значения $\varphi(\rho)$ и сравнивались с наблюдаемыми $I(r)$. В результате получились разности наблюдение — вычисление для $r=3$. (0.5 мм на негативе) — 3%, для $r=10$ — 0.7% и для $r=20$ — 0.8% от интенсивности в центре. Отрицательный знак разностей неизбежен при насильственном введении границы комы, без чего однако проблема неразрешима. В самом центре и вычисления и измерения по-

чернения дают пониженную точность, а к тому же принятое почернение является каким-то осредненным и, при быстром изменении яркости здесь, заниженным против истинного среднего. Поэтому данные для самой центральной области не могут быть надежно определены и следует думать, что фактически до самого ядра должен быть справедлив закон изменения плотностей найденный для комы за вычетом ее ядра.

Пространственные плотности хорошо могут быть представлены законом $\delta = \varphi(\rho) = \rho_0 \cdot r^{-2}$, считая совпадение точным при $r=4$. Приблизительно тут фотометрические данные наиболее надежны. Относительные пространственные плотности в коме представлены в таблице II.

Таблица II

Расстояние от ядра			$\varphi(\rho)$ Вычисл.	$\frac{1}{r^2}$	$\varphi(\rho) - \frac{1}{r^2}$
в мм	в минутах дуги	в км			
24	40	$3.6 \cdot 10^5$	0.0013	.0009	+0.0004
20	33	$3.0 \cdot 10^5$	0.0013	.0012	+ .0001
16	27	$2.4 \cdot 10^5$	0.0020	.0019	+ .0001
12	20	$1.8 \cdot 10^5$	0.0034	.0034	+ .0000
8	13.2	$1.2 \cdot 10^5$	0.0098	.0077	+ .0021
4	6.6	$6 \cdot 10^4$	0.0306	.0306	(.0000)
2	3.3	$3 \cdot 10^4$	0.1000	.123	-.0230
1	1.6	$1.5 \cdot 10^4$	0.153	.490	—

Можно считать, что в пределах точности всех данных и расчетов, плотность в типичной комете действительно падает как квадрат расстояния от ядра, что соответствует равномерному расширению комы, состоящей из молекул, движущихся с постоянной скоростью и не тормозящихся световым давлением. Кругообразная форма изофот подтверждает это непосредственно. Почему в больших и ярких кометах дело обстоит по-видимому иначе, мы здесь обсуждать не будем.

Для кометы 1937 *f* Финслера (такого же типа как исследованная нами) Хейнрих и Ван Шевик [9] также нашли шаровую симметрию в распределении яркости. Полученный ими таким же примерно способом закон изменения яркости в коме диаметра $1'40''$, судя по приводимой ими кривой, также представлен квадратичным законом. На их кривой как и у нас, однако, плотность к центру нарастает медленнее чем для квадратичного закона.

Из всего предыдущего видно, что масса всей светящейся комы, как и ее интегральный блеск, сравнительно мало зависят от практически принятого диаметра комы. При квадратичном законе, масса всей комы:

$$M = \delta_0 \int_0^\pi d\psi \int_0^\pi d\theta \int_{r_0}^R \frac{\rho^2}{\rho^2} \sin \theta d\rho = 4\pi \int_{r_0}^R d\rho \cong 4\pi R$$

будет пропорциональна диаметру R , который мы для нее примем. Т. к. при определении массы комы вообще может играть роль только ее поря-

док, то различие в принятом диаметре в несколько раз не изменит существенно результата. Для существенного изменения массы нужно взять кому, например, не размером с Солнце, а в десять раз большую, а для изменения ее на два порядка надо ее представлять себе уже сравнимой с расстоянием ближайших планет от Солнца.

(Заметим, что интегральный блеск, в противоположность массе, концентрируется к центру потому, что выше мы оцениваем массу внутри сферы некоторого взятого диаметра, а интегральный блеск внутри видимой комы того же диаметра, что соответствует массе, заключенной в цилиндре с таким же основанием, но с длиной, равной всей истинной толщине комы).

Квадратичный закон изменения плотности в комете показывает, что мало смысла имеет определение средней плотности комы. На границе комы по изученным фотографиям плотность в $(6^6)^2 = 10^{12}$ раз меньше чем у поверхности ядра, если для последнего принят диаметр в 2 км¹.

Приближенное представление о значении самих плотностей можно получить так. Для числа молекул, свечением которых и определяется практически визуальный блеск кометы, нами [10] была выведена формула:

$$\lg N = 32.20 - 0.4 \cdot m_v + 2 \lg r - 2.5 \lg f,$$

где f —сила осциллятора ($2.4 \cdot 10^{-2}$ [11] и 0.15 по [12]), m_v —зв. величина кометы на расстоянии от Земли, равном 1 а. е., а r —радиус-вектор кометы. По визуальным оценкам, учитывая, что они занижают истинный интегральный блеск, при $\rho=1$ $m_v=5$, т. е. комета была примерно такой же яркости как комета Галлея. Если принять для f первое значение, то имеем: $\lg N \cong 34.4$ и массу комы около $6 \cdot 10^{11}$ г. На внутренний сферический слой между сферами с радиусами 1 и 2 км приходится масса около 10^6 г, что приводит к плотности даваемой молекулами порядка $3 \cdot 10^{-11}$ г/см³, а на границе видимой комы—порядка $2 \cdot 10^{-22}$ г/см³. Для парциальной плотности газа это не представляется слишком малым: на границе видимой на фотографии комы 10 молекул C_2 на 1 см³. В газовых туманностях водородная плотность не ниже 10^{-21} г/см³. Но оценены количества атомов элементов, представленных разрешенными линиями в спектре, изобилие которых в 10^5 — 10^6 раз меньше, т. е. их парциальная плотность порядка 10^{-26} — 10^{-27} и все же они светятся заметно. Правда, наблюдаемое свечение в туманностях создается колоссальными линейными толщами газа, на много порядков большими чем толщина комет, однако в случае комет фактор разжиженности излучения W порядка 10^{-5} — 10^{-6} тогда как в туманностях он порядка 10^{-13} и в фактическом свечении в комете участвует несравненно большая доля имеющихся частиц. В туманности же атомы данного элемента возбуждаются к свечению крайне редко

¹ Собственно говоря, молекулы C_2 и CN надо себе представлять возникающими на границе «фотохимического ядра» образованного родительскими молекулами. Диаметр этого ядра неизвестен, но он гораздо больше чем диаметр твердого ядра, принятого за 2 км. Однако поскольку родительские молекулы очень просты и каждая из них может дать после диссоциации лишь одну молекулу C_2 или CN, наблюдаемую спектроскопически, экстраполяцию можно делать до поверхности твердого ядра, где однако, плотность фактически будет создаваться уже родительскими молекулами.

и кроме того большинство их благодаря высокой ионизации являются спектрально не активными.

Сферическое распределение плотностей по квадратичному закону показывает, что CN и C_2 выбрасываются в постоянном количестве и с постоянной скоростью, двигаясь без ускорения и не диссоциируя до границы комы—в нашем случае не менее чем до 10^6 км, т. е. в течение 2-х суток, если принять скорость выброса 4,6 км/сек, как это наблюдалось в комете Галлея.

Принципиально говоря, указанное заключение не является однозначным. Д. О. Мошняч [13] в интересной работе, к сожалению, еще не привлекая к себе должного внимания, вычислил теоретически распределение видимой яркости в коме исходя из фонтанной теории. Он рассмотрел случай, когда выброс молекул на полусфере ядра, обращенной к Солнцу во все стороны, происходит одинаково и равномерно, а частицы движутся замедленно. Тогда огибающей траекторией частиц будет параболоид вращения, однако если яркость на его краях будет мала, они будут невидимы. В более же плотных центральных областях яркость будет падать от ядра по закону r^{-1} и голова будет казаться круглой, если луч зрения перпендикулярен к радиусу вектору кометы.

Наши измерения распределения видимой яркости удовлетворительно представляются законом r^{-1} . Поэтому можно допустить что молекулы комы двигались замедленно и образовывали параболоидальную оболочку, контуры которой лежали однако вне пределов фотографий, полученных с наиболее светосильной оптикой. Нам представляется более вероятным все же первое решение, т. к. луч зрения не был перпендикулярен к радиусу вектору.

Практически обе интерпретации наблюдений приводят к одному и тому же, а именно: внутри сферы, превосходящей сферу Солнца, молекулы двигались не уменьшив заметно своей скорости и далеко не достигнув вершины параболической оболочки, если таковая вообще существовала, а закон распределения плотности в той части комы, которую можно наблюдать был практически законом r^{-2} .

Фотометрия хвоста. Изображения хвоста слишком слабы для детальной фотометрии. Это типичный лучистый хвост I типа, что было установлено нами [14] по нашей Алма-Атинской фотографии, на которой хвост имел длину до 13° и потому определение типа было очень надежным. Мы сделали несколько фотометрических разрезов хвоста на фотографиях 12 и 14 марта. В общем, с удалением от ядра ширина хвоста растет, а видимая яркость его для глаза падает. Хвост был исследован на расстоянии до 2° .

Есть все основания полагать, что истинное строение комы в стороне противоположной Солнцу таково же, как и в стороне обращенной к Солнцу. Поэтому из яркостей измеренных в хвосте были вычтены яркости комы, предполагая последнюю имеющей вполне сферическую симметрию. Результаты представлены на рис. 12—17. Нигде в хвосте яркость не превышает 0.1 от яркости центра комы. По краям хвост сходит на нет и определить уверенно его ширину невозможно. Во всяком случае он чувствуется в ширину более чем на 1° на расстоянии $18'$ от ядра и шире $3'$ на расстоянии 1° от ядра.

Грубый подсчет для 14 марта приводит к такому выводу. Для яркой части комы диаметром не более $15'$, как ее оценивали визуально (т. е. внутри изофоты с яркостью $1/4$ от яркости в центре), интегральный блеск излучений хвоста (будем считать CO^+) составляет $1/3$ от интегрального видимого блеска комы вместе с хвостом, прилегающим к ядру. Для диаметра яркой части комы, как он кажется глазу на нашей лучшей фотографии (до изофоты $1/10$), излучения хвоста дают тоже $1/3$. К предельной изофоте $1/40$ излучения хвоста уже несколько превышают $1/2$ от блеска всей кометы. Конечно, роль хвоста, лежащего вне пределов видимой комы, т. е. части хвоста не накладывающейся на кому, гораздо меньше чем указано.

На пластинке 12 марта поверхностная яркость вдоль хвоста освобожденная от влияния комы почти постоянна, но между $20'$ и $35'$ расстояния от ядра яркость повышается почти вдвое, вероятно вследствие наличия в хвосте облачного образования. 14 марта вдоль хвоста поверхностная яркость падает с удалением от ядра монотонно, но довольно медленно, а от $30'$ до 2° остается постоянной. Полное излучение в хвосте в функции расстояния от ядра определить уверенно невозможно ввиду неточности изофот при малых плотностях негатива и ввиду отсутствия достаточно резкого падения яркости с удалением от оси хвоста. Ориентировочно, полная интенсивность в поперечных сечениях хвоста на протяжении 2° меняется не более чем в 2—3 раза и притом уменьшения свечения вдоль хвоста нет, а максимум в его средней части вызван облачным образованием. Облачные образования и очень неправильная фотометрическая структура хвоста прекрасно видны из описания и фотографий Анерта [5] 3, 10, 11 и 29 марта. Поэтому можно сделать вывод, что в пределах 2° или, с учетом того, что хвост не был перпендикулярен лучу зрения, в пределах 0.04 а. е. суммарное излучение CO^+ в хвосте, создаваемое непрерывно вытекающей материей, остается почти одинаковым на всех расстояниях от ядра. Эта интенсивность зависит от плотности

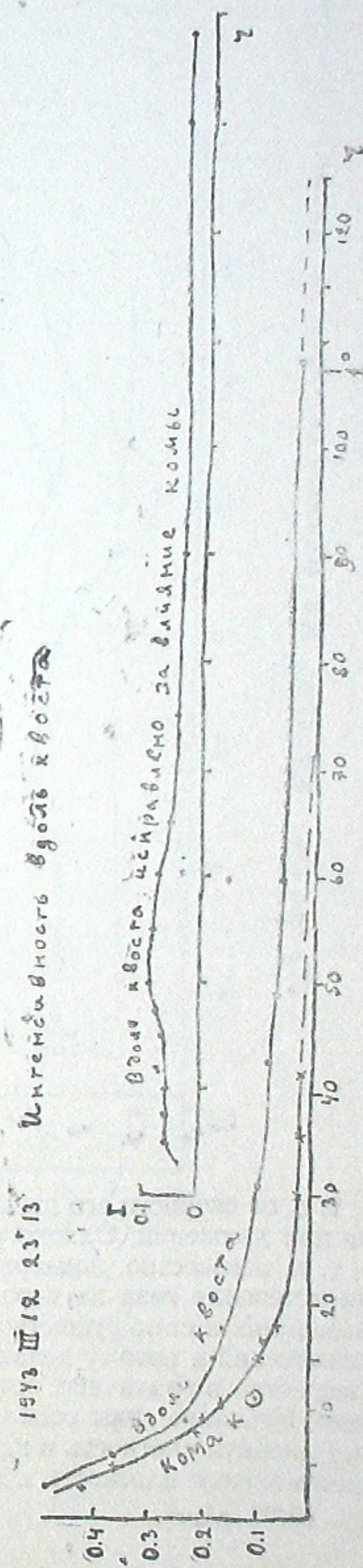


Рис. 12 656.

1843 III 12 Пм. № 1262
 Профили хвоста не мира влемные за вчяные комбы

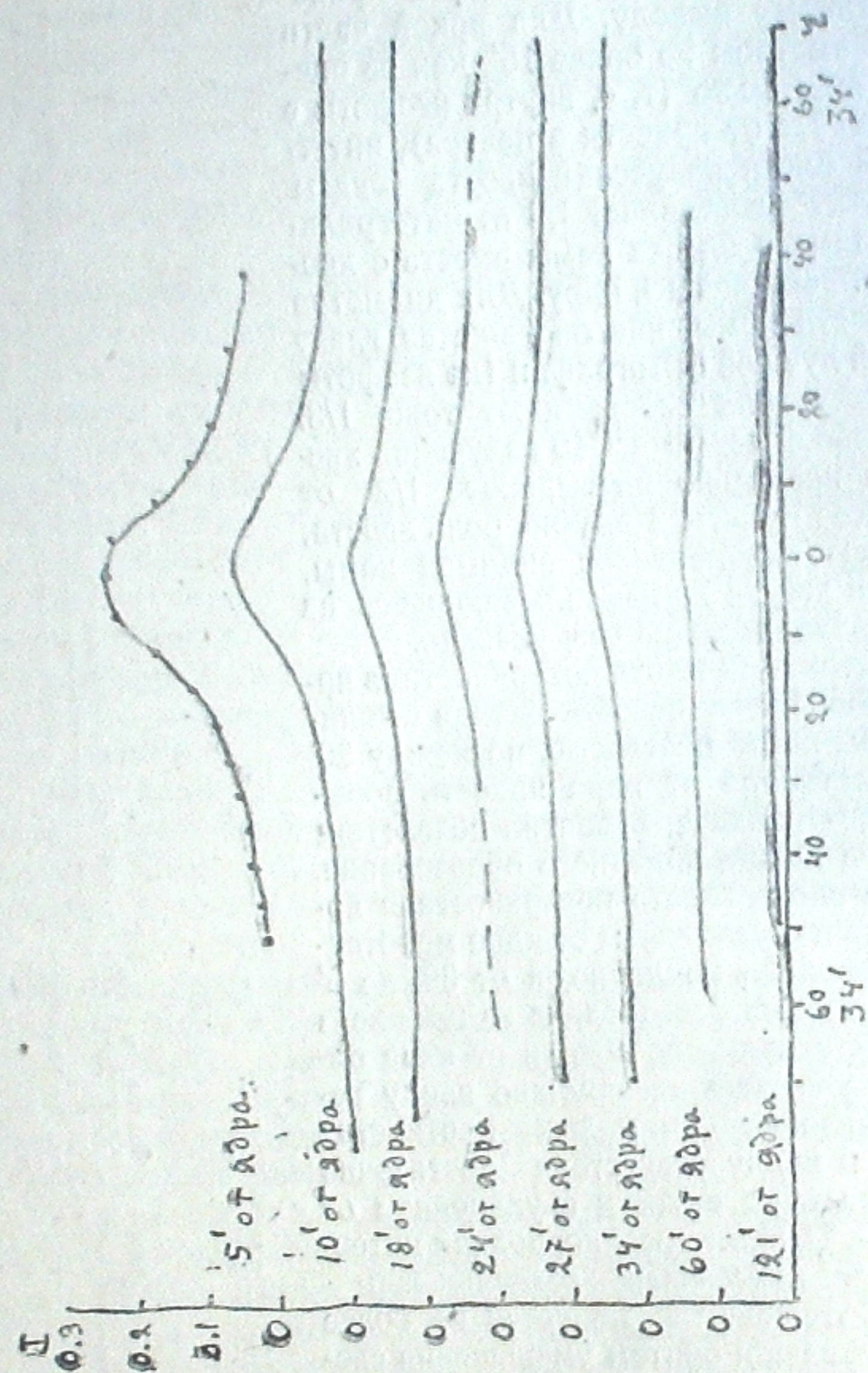


Рис. 13 ббб.

газа, т. е. от скорости его движения и от способности газа сохранять свечение при движении. Однако решение вопроса не может быть однозначным, т. к. неизвестно, поддерживается ли постоянство количества и скорости истечения газа из ядра. Наличие кратных ускорений в облачных образованиях и само существование последних говорят о вероятности таких изменений и потому делать выводы из примерного постоянства яркости вещества в различных сечениях хвоста нам представлялось бы иллюзорным. Незнание силы осцилляторов для полос излучения CO^+ не позволяет оценить плотность в хвосте кометы. Если принять f близким к 1, то минимальная плотность в измеренных областях хвоста будет порядка 10^{-25} — 10^{-26} г/см³.

Профили хвоста не мира влемные за вчяные комбы

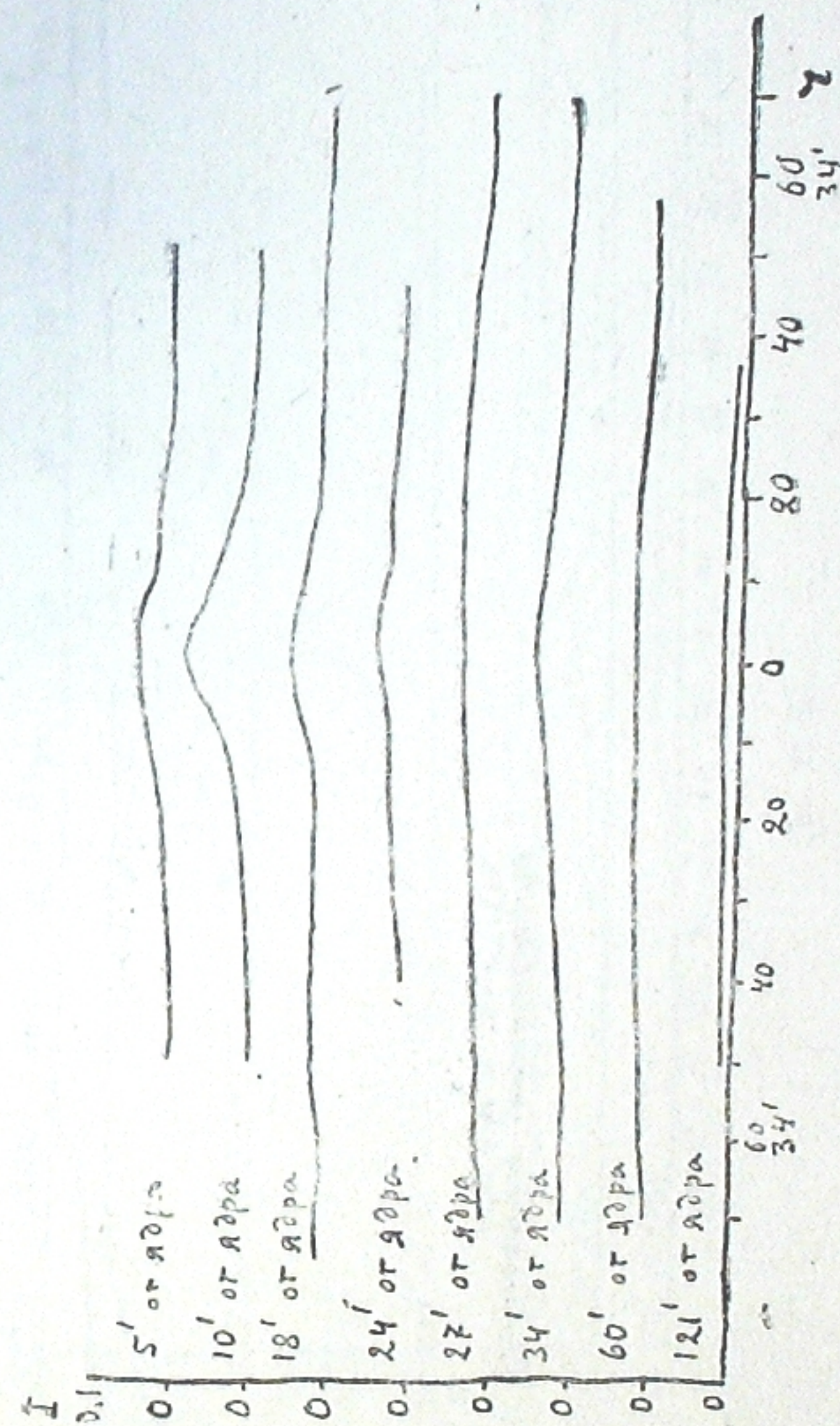


Рис. 14 ббб.

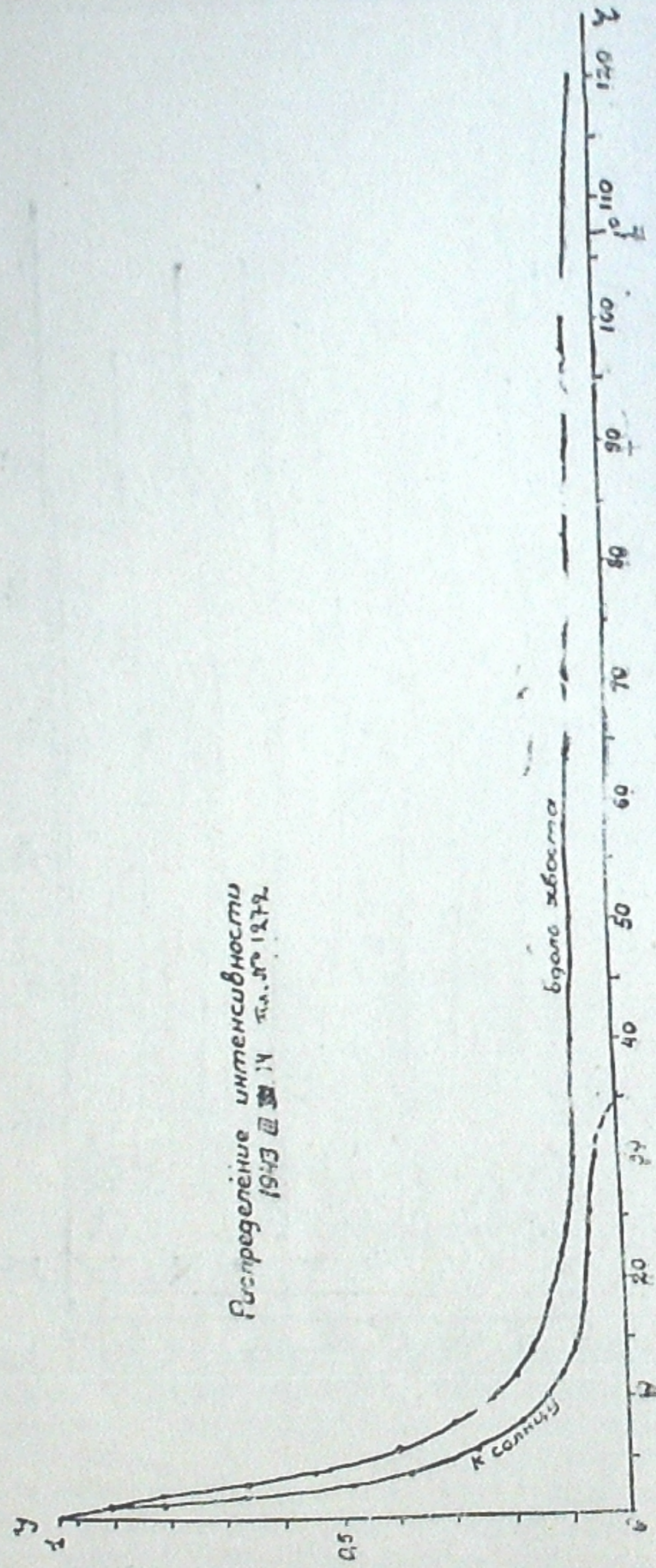


Рис. 15 ббб.

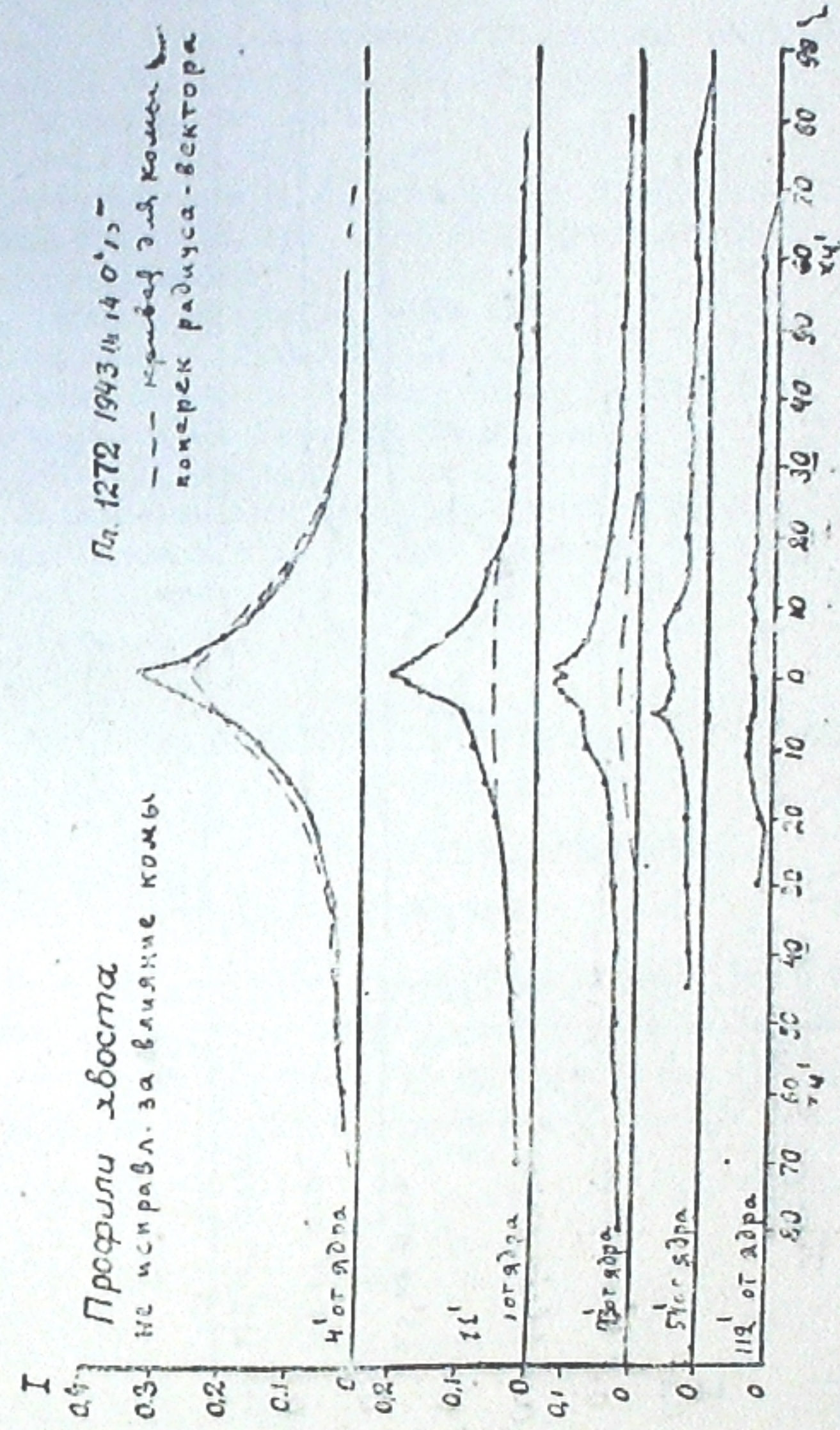


Рис. 16 ббб.

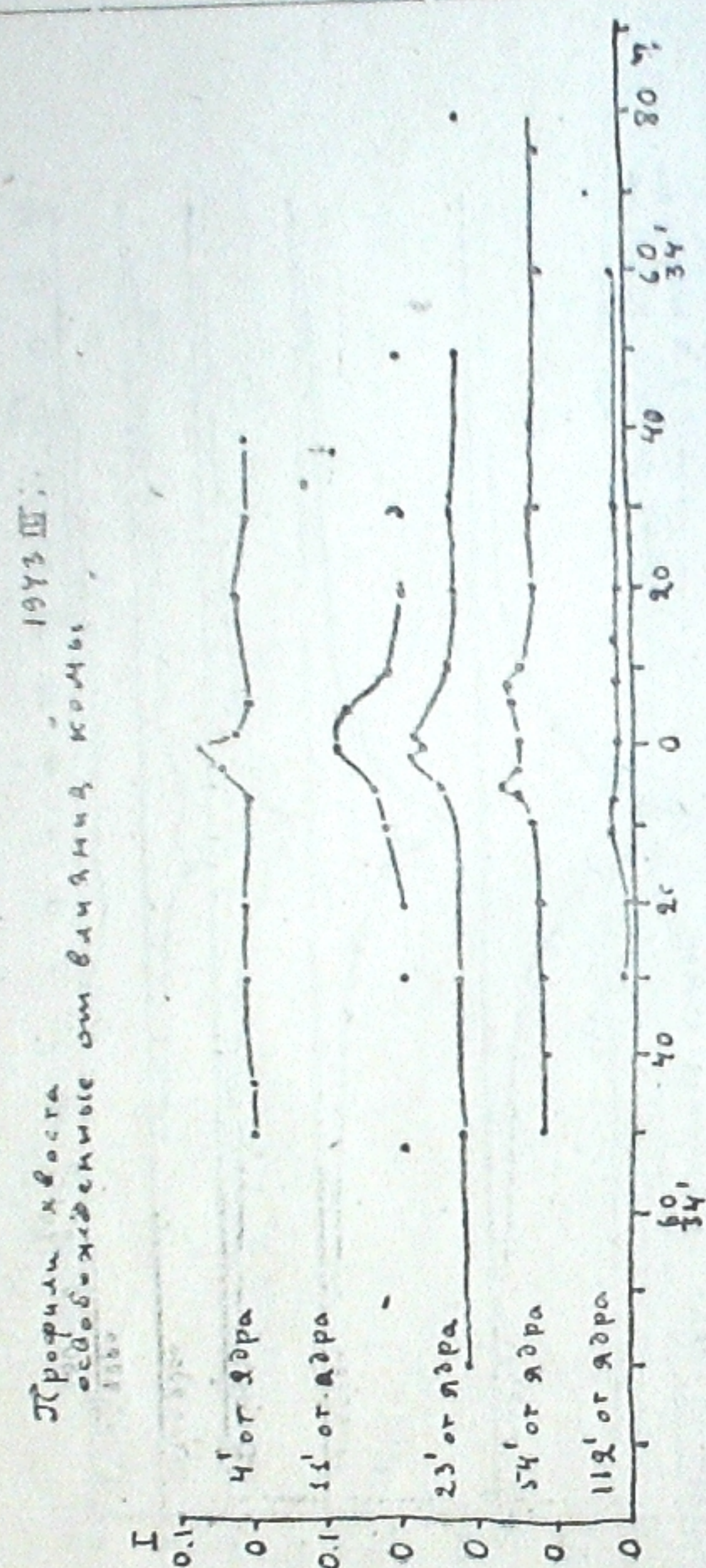


Рис. 17 ббб.

Более детальные выводы будут даны в работе, посвященной фотометрии спектра этой кометы.

В заключение выражаем глубокую благодарность директору Абастуманской обсерватории проф. Е. К. Харадзе за разрешение исследовать прекрасные снимки кометы, полученные на обсерватории, и Б. Ю. Левину за ряд ценных мыслей и указаний, высказанных им при обсуждении настоящей статьи.

Февраль, 1953 г.

ЛИТЕРАТУРА—ლიტერატურა

1. Дубяго А. Д. Астр. Цирк. АН СССР, № 14, 1943.
2. Whipple F. HCO Card № 650.
3. Тевзадзе Г. А. Бюлл. Абастуман. астрофиз. обс. № 7, 201, 1943.
4. Мартынов Д. Я. Астр. Журн. 21, 280, 1944.
5. Aubert P. Zs Aph 22, 286, 1943.
6. " AN 277, 121, 1943.
7. Воронцов-Вельяминов Б. А. Астр. Журн. 7, 90, 1930; AN 234, 293, 1928; 239, 229, 1930; 240, 191, 1930; Астр. Цирк. АН СССР, № 16, 1943 и много неопубликованных.
8. I en Bruggencate P. Sternhaufen, Berlin, 1927.
9. Heinrich, van Schewick. Zs Aph 21, 142, 1942.
10. Воронцов-Вельяминов Б. А. Астр. Журн. 22, 317, 1945.
11. Lyddane, Rogers, Roach. Phys. Rev. 60, 281, 1941.
12. Shull H. Aph J 112, 352, 1950.
13. Мохнач Д. О. Уч. записки Ленингр. гос. унив. № 22, 56, 1938.
14. Воронцов-Вельяминов Б. А. Астр. Журн. 20, 30, 1942.

ტიპიური კომეტის ფოტომეტრიული სტრუქტურა
 (კომეტა 1942 გ)

ბ. ვორონცოვ-ველიამინოვი

(რეზუმე)

ავტორმა დაწვრილებით გამოიკვლია კომეტა 1942 გ-ს ფოტომეტრიული სტრუქტურა. გამოკვლევის საფუძველი შეადგინა აბასთუმნის ასტროფიზიკურ ობსერვატორიაში მიღებულმა ფოტოგრაფიებმა (იხ. ცხრილი I და [3]). გამოკვლევის შედეგები ილუსტრირებულია ნახაზებით (იხ. ნახ. 1-17).

თებერვალი, 1953 წ.