

52
Ш 668

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ
ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ
ЗНАНИЙ

ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК
ПРОФЕССОР
И. С. ШКЛОВСКИЙ

НОВОЕ В РАДИОАСТРОНОМИИ

Серия VIII
№ 44

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва — 1957

14886290

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Доктор физико-математических наук
профессор
И. С. ШКЛОВСКИЙ

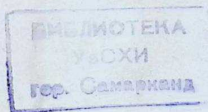
52

Ш 662

НОВОЕ В РАДИОАСТРОНОМИИ

Стенограмма публичной лекции, прочитанной
в Центральном лектории Общества
в Москве

1/8888/9



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва



1957

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
Введение. Принцип радиоастрономических исследований. Радиотелескопы	3
Основные результаты наблюдений космического радиоизлучения. Первые гипотезы	7
Радиоастрономия и космические лучи	10
Радиоастрономия и космология	17

★ К ЧИТАТЕЛЯМ ★

Издательство «Знание» Всесоюзного общества
по распространению политических и научных
знаний просит присылать отзывы об этой брошюре
по адресу: Москва, Новая площадь, д. 3/4.

★

Автор
Иосиф Самуилович Шкловский

Редактор Н. В. Успенская
Техн. редактор М. И. Губин
Корректор Н. М. Краснопольская

А 06882 Подписано к печати 12/XI 1957 г. Тираж 50 000 экз. Изд. № 216.
Бумага 60×92¹/₁₆—0,75 бум л.=1,5 п. л. Учетно-изд. 1,35 л. Заказ № 1991

Ордена Ленина типография газеты «Правда» имени И. В. Сталина.
Москва, ул. «Правды», 24.

Введение. Принцип радиоастрономических исследований. Радиотелескопы

Радиоастрономия — наука очень молодая; она возникла немногим более четверти века назад. В основу ее легло замечательное открытие американского радионинженера К. Янского, который в 1931 году при исследовании атмосферных помех радиоприему обнаружил внеземное, космическое радиоизлучение. Этому открытию суждено было сыграть огромную роль в развитии современной астрономии.

В первые годы своего существования эта новая область астрономии развивалась медленно, так как исследование космического радиоизлучения требовало весьма совершенной аппаратуры, которой в то время еще не было. Да и значение нового открытия было оценено далеко не сразу. Только в послевоенное время, когда были достигнуты большие успехи в изготовлении направленных антенн и высокочувствительных приборов, радиоастрономия резко шагнула вперед. По мере усовершенствования аппаратуры оказалось возможным наблюдать радиоизлучение в огромном диапазоне длин волн — от одного сантиметра до сотен метров. Эти исследования позволили найти новые пути для решения многих проблем, как, например, проблемы происхождения космических лучей.

Сейчас радиоастрономия представляет собой большую, разветвленную область науки, пограничную между астрофизикой и радиофизикой. Отдельную ветвь радиоастрономии составляют вопросы радиолокации ближайших небесных тел. Впервые на возможность радиолокации Луны указывали академики Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси. В 1946 году эта проблема была решена и был принят сигнал, отраженный от Луны. В настоящее время радиолокационными методами исследуются метеоры, вторгающиеся в атмосферу Земли из межпланетного пространства.

Выделилась в особую отрасль солнечная радиоастрономия, занимающаяся изучением солнечной радиации на метровых и дециметровых волнах. Было обнаружено, что характер радио-

излучения Солнца резко отличается от характера его оптического излучения. Если в видимых лучах излучение Солнца в высшей степени постоянно, то в радиодиапазоне поток излучения может меняться в огромных пределах. В периоды, когда на Солнце много пятен, он увеличивается иногда в сотни тысяч и миллионы раз. Исследование Солнца в радиодиапазоне, кроме большой теоретической ценности, может быть использовано для важных практических задач, например для создания радиосекстана, который работает в любую погоду.

Но здесь мы не будем касаться этих вопросов. Нас будет интересовать излучение источников, находящихся далеко за пределами солнечной системы. Именно в этой области радиоастрономия достигла, пожалуй, наиболее выдающихся успехов. При этом были обнаружены совершенно неожиданные явления, о которых раньше нельзя было даже и предполагать.

Нужно сказать, что до возникновения радиоастрономии из всего многообразнейшего спектра известных нам электромагнитных волн, от гамма-лучей с длиной волны меньше одного ангстрема (ангстрем равен одной десятиллионной доле миллиметра) до радиоволн длиной в несколько километров, мы могли использовать для изучения Вселенной лишь небольшой участок, немногим больший видимой части спектра. Причина этому — почти полное поглощение ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в земной атмосфере. Размер «окна прозрачности», через которое астрономы, образно выражаясь, могли исследовать излучение небесных тел, — около октавы¹.

Но оказывается, что существует еще другое «окно прозрачности». Земная атмосфера очень прозрачна в диапазоне длин волн от нескольких сантиметров до сотен метров. Границы этого второго «окна» зависят от состояния ионизации высоких слоев атмосферы. Заметим, что второе «окно» гораздо больше первого — оно занимает в спектре около 15 октав. Сама возможность радиоастрономических исследований основана, очевидно, на существовании второго «окна прозрачности».

Для приема космического радиоизлучения в этом диапазоне созданы особые приборы нового типа — радиотелескопы. На рис. 1 приведен общий вид одного из таких приборов. Космическое излучение улавливается параболическим зеркалом, изготовленным из листового металла, и концентрируется в фокусе, где помещена небольшая приемная антенна — облучатель.

¹ Октава — это длина такого участка спектра, в пределах которого частота, а следовательно, и длина волны изменяются в 2 раза. Такая единица вводится потому, что разность длин волн начала и конца участка еще не характеризует его ширины; так, например, вся видимая часть спектра занимает около 4 десяти тысячных миллиметра, а участок той же длины в радиодиапазоне, где длины волн достигают сотен метров, ничтожно мал и практически не может быть выделен.

Принятый сигнал поступает на вход приемника, в котором космическое радиоизлучение подвергается усилению и ряду преобразований. На выходе приемника находится измерительный прибор, например осциллограф.

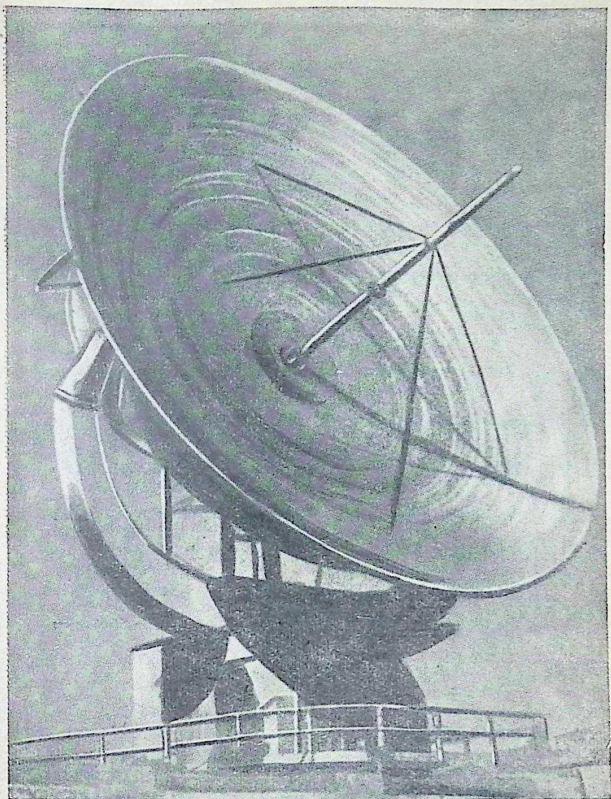


Рис. 1. 15-метровый радиотелескоп.

Принципиальным недостатком радиотелескопов является их низкая разрешающая способность, т. е. способность воспри-

2. И. С. Шилловский.

нимать отдельно близко расположенные источники излучения. Разрешающая способность пропорциональна диаметру зеркала телескопа и обратно пропорциональна длине волны принимаемого излучения. Поэтому если для оптических телескопов она составляет сотые доли секунды дуги, то для радиотелескопов разрешающая способность гораздо ниже. Так, например, для

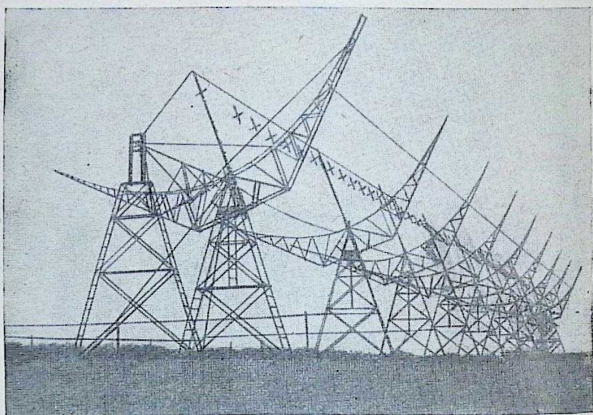


Рис. 2. Одна из частей большого Кембриджского радиоинтерферометра.

радиотелескопа с диаметром зеркала в 20 метров на волне 20 сантиметров она составляет всего $\frac{1}{2}$ градуса. Это значит, что два источника радиоизлучения, угловое расстояние между которыми на небесной сфере меньше $\frac{1}{2}$ градуса, будут восприниматься таким радиотелескопом как один источник. Разрешающую способность можно повысить, увеличив диаметр зеркала, но, идя по этому пути, мы неизбежно сталкиваемся с чисто техническими трудностями. Строящийся сейчас в Англии гигантский радиотелескоп с 76-метровым сетчатым зеркалом — почти предел современных технических возможностей.

Поэтому для повышения разрешающей способности радиоастрономия идет по другому, гораздо более эффективному пути. А именно применяются особые системы радиотелескопов — радиоинтерферометры. Часть установки такого рода изображена на рис. 2.

Здесь мы не будем касаться принципов работы радиоинтер-

ферометра. Об этом можно прочесть подробно в книге автора «Радиоастрономия».

При помощи радиоинтерферометров удалось обнаружить большое число различных источников космического радиоизлучения, определить их положение на небе, а в некоторых случаях для особенно мощных источников — даже найти их угловые размеры и форму.

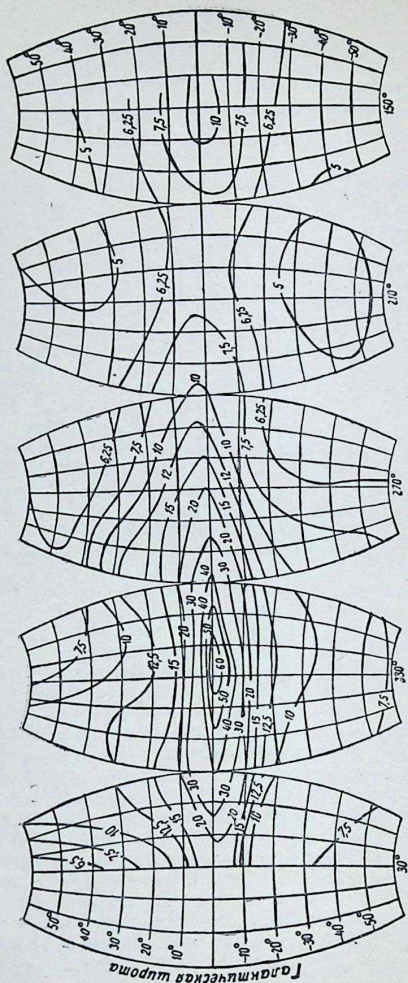
Основные результаты наблюдений космического радиоизлучения. Первые гипотезы

Трудами многих исследователей, работавших в разных частях света, установлено, что космическое радиоизлучение приходит к нам со всех сторон, из всех участков неба. Но его интенсивность для разных областей неба неодинакова.

На рис. 3 приведена карта, на которой показано распределение яркости неба в радиолучах с длиной волны 3 метра. Здесь выбрана так называемая «галактическая система координат». Эта система координат на небесной сфере строится точно так же, как система географических координат на земном шаре. Роль экватора играет большой круг небесной сферы, проходящий вдоль Млечного Пути. Он так и называется — «галактический экватор». Вдоль этого круга отсчитывается «галактическая долгота», а в обе стороны от него — «галактическая широта», от 0 до $\pm 90^\circ$.

Чтобы объяснить такой выбор системы небесных координат, вспомним, что наше Солнце входит в гигантский коллектив звезд, носящий название Галактики. Галактика по форме напоминает двояковыпуклую линзу. Солнечная система находится примерно в плоскости симметрии Галактики сравнительно недалеко от ее центра. Поэтому в направлениях, проходящих вблизи плоскости симметрии, мы видим звезд несравненно больше, чем в любом другом направлении. Звезд этих так много и они так слабы вследствие их большой удаленности от нас, что они воспринимаются как сплошная светящаяся полоса. Это так называемый Млечный Путь. Из сказанного следует, что галактическая система координат в отличие от других систем небесных координат весьма удобна для анализа структуры Галактики.

На приведенной карте точки неба с одинаковой яркостью соединены кривыми. Эти кривые носят название «изофот» — кривые постоянной яркости. Ясно видно, что излучение концентрируется к галактическому экватору и в особенности к галактическому центру. Распределение интенсивности радиоизлучения по небу имеет тот же характер, что и распределение звезд. Это позволяет с уверенностью утверждать, что наблюдаемое излучение образуется в нашей Галактике. Указанное излучение



Галактическая долгота

Рис. 3. Изофоты радионизлучения Галактики на волне 3 метра (цифры указывают яркость в условных единицах).

называется «галактическим фоном». Общий характер «фона» на других длинах волн качественно не отличается от приведенного.

Каково же происхождение «фона»? Что является источником радиоизлучения Галактики? Чтобы ответить на этот вопрос, потребовались годы напряженных исследований.

Известно, что наше Солнце является источником радиоизлучения. Это, естественно, наводит на мысль, что галактический фон есть просто суммарное радиоизлучение звезд. Тогда концентрацию фона к галактическому экватору можно объяснить как «радиомлечный путь». Однако удалось показать, что эта гипотеза не в состоянии объяснить ни количественную часть проблемы, т. е. объяснить наблюдаемую интенсивность излучения, ни качественную, т. е. характер распределения интенсивности по длинам волн. Таким образом, «звездную» гипотезу происхождения галактического фона пришлось оставить.

Тогда возникла другая идея — связать радиоизлучение с межзвездным веществом. Нужно сказать, что пространство между звездами не является пустым. Оно заполнено материальной средой — газом и в меньшей степени пылью. Межзвездная среда чрезвычайно разрежена. По данным оптической астрономии, в пространстве между звездами в среднем на каждый кубический сантиметр приходится примерно один атом. Но межзвездная среда не является вакуумом, как это ни кажется парадоксальным. Ведь вакуумом мы называем систему, в которой длина свободного пробега частицы (т. е. путь, который она проходит между двумя последовательными столкновениями) значительно больше размеров системы. Так, например, обстоит дело внутри колбы многих вакуумных приборов. В Галактике же при ее огромных размерах длина свободного пробега хотя и очень велика, но все же в сотни тысяч раз меньше диаметра Галактики.

Гипотеза о возникновении космического излучения в межзвездном пространстве оказалась чрезвычайно плодотворной. Как выяснилось, эта проблема тесно связана с проблемой происхождения космических лучей. Именно исследование космических лучей дало убедительные доказательства верности этой гипотезы. С другой стороны, до радиоастрономических исследований в этой области вопрос о происхождении первичных космических лучей казался неразрешимым. Рассмотрению этой проблемы посвящен следующий раздел нашей брошюры.

Долгое время галактический фон был единственным известным нам видом космического радиоизлучения. Но вот в 1946 году в созвездии Лебедя был открыт довольно мощный источник радиоизлучения, имеющий весьма малые угловые размеры и резко выделяющийся на галактическом фоне. Это открытие имеет для радиоастрономии колоссальное значение. Второй мощный источник радиоизлучения был открыт в

1948 году в созвездии Кассиопеи. С каждым годом число открытых источников увеличивалось. В 1953—1954 годах в Кембридже была составлена наиболее полная карта источников радиоизлучения (рис. 4).

Нужно сказать, что наблюдение слабых источников радиоизлучения представляет значительные технические трудности. Вследствие недостаточной разрешающей способности радиотелескопов можно оценить лишь верхнюю границу угловых размеров источников. Кроме того, современными приборами нельзя наблюдать слабые источники, находящиеся рядом с мощными.

Приводимая нами карта, содержащая почти 2000 источников,— плод большого труда, и ценность ее для радиоастрономии чрезвычайно велика. На ней отчетливо видно, что в отличие от галактического фона источники совершенно не обнаруживают тенденции концентрироваться к какой-либо области или линии. Отсюда можно сделать вывод, что большинство их не является галактическими объектами. Однако некоторые источники находятся в Галактике. О них будет идти речь ниже.

Изучение источников космического радиоизлучения сыграет большую роль в космологии — науке о «большой Вселенной». К этому вопросу мы еще вернемся.

Радиоастрономия и космические лучи

Космические лучи были открыты более 45 лет тому назад, когда при исследовании атмосферы было обнаружено, что вопреки ожиданиям ионизация воздуха увеличивается с высотой. Путем длительных и кропотливых исследований удалось установить, что на Землю со всех сторон падает весьма «жесткое», проникающее излучение. Вплоть до 1941 года природа частиц, попадающих в земную атмосферу из мирового пространства, была неизвестна. Только в 1941 году удалось доказать, что первичные космические лучи представляют собой протоны — ядра атомов водорода.

Первичные космические лучи проникают в атмосферу до высот порядка 20 километров над уровнем моря. Там плотность атмосферы возрастает настолько, что космические лучи вступают во взаимодействие с ядрами молекул воздуха и дают начало вторичным лучам, которые и наблюдаются на поверхности Земли.

Следующее фундаментальное открытие было сделано в 1948 году. С помощью очень эффективной фотографической методики, применяемой в ядерной физике, в составе космических лучей были обнаружены α -частицы — ядра гелия, а также ядра кислорода, азота и других элементов вплоть до железа. Оказалось, что «химический состав» космических лучей примерно таков же, как состав звездных атмосфер: преобладающим

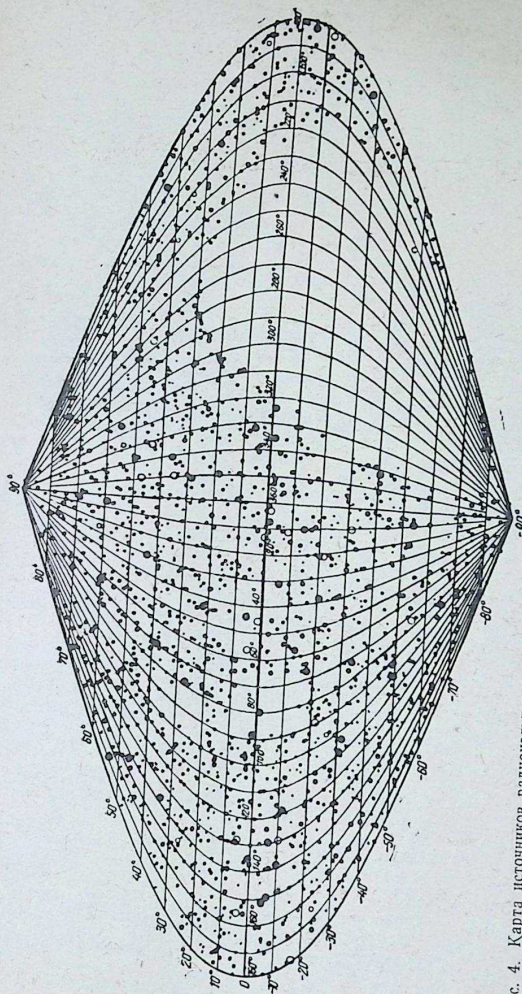


Рис. 4. Карта источников радиоизлучения, полученных в Кембридже. Диаметр кружка приблизительно указывает на мощность источника. Белое пятно соответствует области неба, невидимой в Кембридже.

элементом является водород, затем гелий и уже потом элементы кислородной группы.

Наука о космических лучах постепенно становилась одной из важнейших областей физики. Космические лучи представляли собой как бы естественную лабораторию, где можно было наблюдать явления взаимодействия с веществом частиц сверхвысокой энергии, недостижимой в земных условиях. Именно в космических лучах впервые были открыты позитроны, после того как они были предсказаны теоретически. Кроме того, в составе космических лучей были открыты новые неустойчивые частицы — мезоны, а также ряд других неустойчивых частиц.

Однако важнейший вопрос о происхождении космических лучей оставался нерешенным.

Точно так же как для физики основой является эксперимент, который проверяет любую теорию, так и для астрономии основой является наблюдение. И как бы ни была изощрена та или иная теория, объясняющая происхождение космических лучей, пока не существовало эффективного способа наблюдения космических лучей за пределами земной атмосферы, там, где они рождаются и приобретают свою огромную энергию, до тех пор нельзя было сказать ничего сколько-нибудь определенного о происхождении этих лучей.

Величайшее значение радиоастрономии состоит в том, что она сдвинула эту проблему с мертвой точки, она сделала космические лучи наблюдаемыми в небесном пространстве, там, где они локализованы, там, где они зарождаются.

Каким образом удалось связать космические лучи и космическое радиоизлучение? Было показано, что радиоизлучение Галактики вызвано движением космических релятивистских электронов, т. е. электронов с энергией в миллиарды электронов-вольт, в межзвездных магнитных полях. Теория относительно-сти позволяет тщательным образом определить все свойства излучения электронов, движущихся в магнитном поле со скоростью, близкой к скорости света. Эти свойства весьма своеобразны, и мы не будем на них останавливаться. Во всяком случае, удалось совершенно надежно показать, что электроны с энергией космических лучей вполне могли бы обеспечить возникновение космического радиоизлучения наблюдаемой интенсивности.

К представлению о наличии магнитных полей в межзвездном пространстве астрономы пришли в течение последнего десятилетия. Существует несколько установленных наблюдениями фактов, которые доказывают наличие магнитных полей, более или менее хаотически ориентированных, напряженность которых в сотни тысяч раз меньше, чем у магнитного поля Земли.

Зная напряженность межзвездных магнитных полей, мож-

но подсчитать плотность космических электронов, требуемую для создания радиоизлучения наблюдаемой интенсивности. Эта плотность, оказывается, ничтожно мала, около одного электрона на 10 тысяч кубических метров. Но замечательно то, что именно такова плотность космических лучей в окрестностях Земли. Таким образом мы получаем одинаковый результат. Круг замкнут, различные теории подтверждают друг друга, и оказывается возможным объяснить некоторые факты, которые раньше казались необъяснимыми.

Здесь возникает законный вопрос: почему не обнаружены электроны в составе первичных космических лучей, наблюдаемых на Земле?

Это вызвано наличием у Земли довольно сильного магнитного поля. Всякое магнитное поле стремится отклонить движущуюся заряженную частицу, если ее скорость не направлена вдоль силовых линий поля. Именно этот случай имеет место при наблюдении космических лучей в средних и экваториальных географических широтах. Вследствие такого экранирующего действия магнитного поля Земли только частицы с достаточно большой энергией могут достигнуть нижних слоев атмосферы. Такой энергией обладают, в частности, космические протоны. Космические же электроны обладают гораздо меньшей энергией, так как их энергия непрерывно расходуется на излучение. Этим и объясняется отсутствие электронов в составе первичных космических лучей.

Таким образом, выяснилось, что наблюдаемое космическое радиоизлучение есть как бы побочный продукт космических лучей, заполняющих нашу Галактику; побочный в том смысле, что наряду с протонами должны быть космические электроны, радиоизлучение которых позволяет наблюдать космические частицы в глубинах пространства.

Раньше многие исследователи считали, что космические лучи обусловлены Солнцем. Солнце действительно излучает иногда в виде кратковременной вспышки некоторое количество космических лучей, но это явление наблюдается довольно редко.

Другие теоретики считали, что космические лучи вообще распределены во всем мировом пространстве.

Радиоастрономические наблюдения показали, что космические лучи в основном сосредоточены в нашей звездной системе, точнее — в межзвездном пространстве.

Оставалась нерешенной еще вторая проблема: откуда же берутся космические лучи?

Радиоастрономия указала на те небесные светила, в которых образуются частицы сверхвысокой энергии.

Здесь нам придется сделать небольшое отступление и сказать несколько слов о самом грандиозном из космических явлений — вспышках сверхновых звезд. Вспышка новой звезды — явление довольно обычное. В нашей Галактике примерно

100 раз в год наблюдается резкое увеличение светимости какой-либо звезды. Затем ее блеск ослабевает и достигает примерно прежней величины. Вспышка сверхновой звезды — гораздо более редкое явление. Наблюдая доступные нашим инструментам галактики, подобные нашей, удалось установить, что вспышка сверхновых звезд происходит в отдельной галактике один раз в 200—300 лет, причем были случаи, когда сверхновая звезда излучала света больше, чем все остальные звезды этой галактики, число которых составляло сотни миллионов. Одна из таких чрезвычайно мощных вспышек произошла в нашей Галактике 4 июля 1054 года, т. е. 900 лет тому назад, в созвездии Тельца. Дата и место вспышки довольно точно указаны в китайских и японских летописях, в достоверности которых не приходится сомневаться. По описаниям, эта сверхновая звезда была ярче Венеры и могла свободно наблюдаться днем.

Сейчас в том месте, где произошла вспышка, наблюдается большая и очень яркая туманность, называемая по причине своей формы Крабовидной (рис. 5). Сравнение снимков Крабовидной туманности, сделанных с промежутком в 20—30 лет, показало, что эта туманность, образовавшаяся в результате чудовищного взрыва, продолжает расширяться. Если это расширение экстраполировать «назад», то можно установить, что возраст туманности действительно около 900 лет.

Крабовидная туманность — один из интереснейших объектов нашей Галактики, и не случайно, что она оказалась мощным источником радиоизлучения. Радиоизлучение Крабовидной туманности было обнаружено в 1949 году.

Исследование показало, что природа радиоизлучения Крабовидной туманности та же, что и галактического фона, — излучение релятивистских электронов в магнитном поле.

В 1953 году автором этой брошюры была высказана гипотеза, что оптическое излучение Крабовидной туманности обусловлено теми же релятивистскими электронами. Если это так, то заранее можно было предсказать, что это излучение поляризовано. Соответствующие наблюдения были проведены, и опять наблюдение блестяще подтвердило теорию. На рис. 6 приведены два снимка туманности, сделанные в свете, поляризованном в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Из этих фотографий видно, что эффект здесь чрезвычайно сильный. В отдельных областях туманности степень поляризации достигает нескольких десятков процентов.

Это является решающим доказательством правильности предложенного механизма свечения Крабовидной туманности. Таким образом, одна и та же причина — сравнительно небольшое число релятивистских электронов — приводит как к оптическому, так и к радиоизлучению. Тем самым было доказано, что туманность заполнена релятивистскими частицами с энергией до 10^{12} электроновольт.

Но Крабовидная туманность — объект по астрономическим понятиям очень молодой, родившийся «у нас на глазах».

Таким образом, радиоастрономия указала место рождения частиц с космической энергией. Это — туманности, возникающие в результате вспышек сверхновых звезд.

Расчеты показали, что если принять во внимание частоту

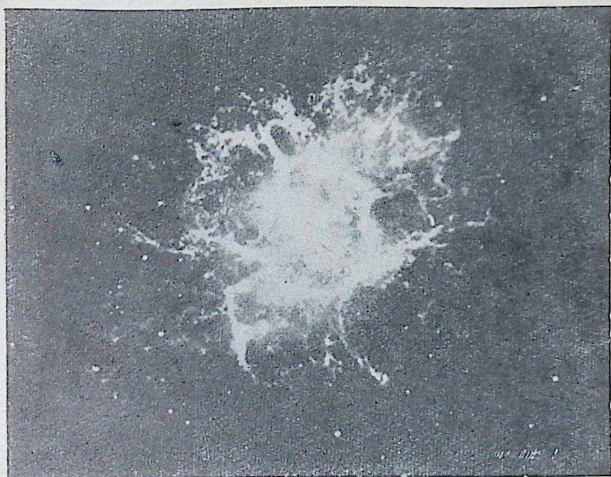


Рис. 5. Крабовидная туманность в созвездии Тельца.

вспышек сверхновых звезд, количество образующихся в результате такой вспышки частиц и среднюю продолжительность жизни релятивистских частиц в межзвездном пространстве (а они не могут существовать сколь угодно долго, так как в результате столкновений с ядрами атомов межзвездного газа их энергия падает), то баланс хорошо сходится. Ежесекундно определенное количество космических частиц в Галактике как бы «гибнет», но благодаря вспышкам сверхновых звезд появляется компенсирующее количество частиц.

Итак, радиоастрономия убедительно доказала, что вспышки сверхновых звезд являются источником космических лучей. Это несомненно крупнейшее достижение радиоастрономии. Необходимо сказать, что эти результаты были получены в Со-

ветском Союзе и в настоящее время приобрели мировое признание.

Остается открытым вопрос: почему во время вспышки сверх-

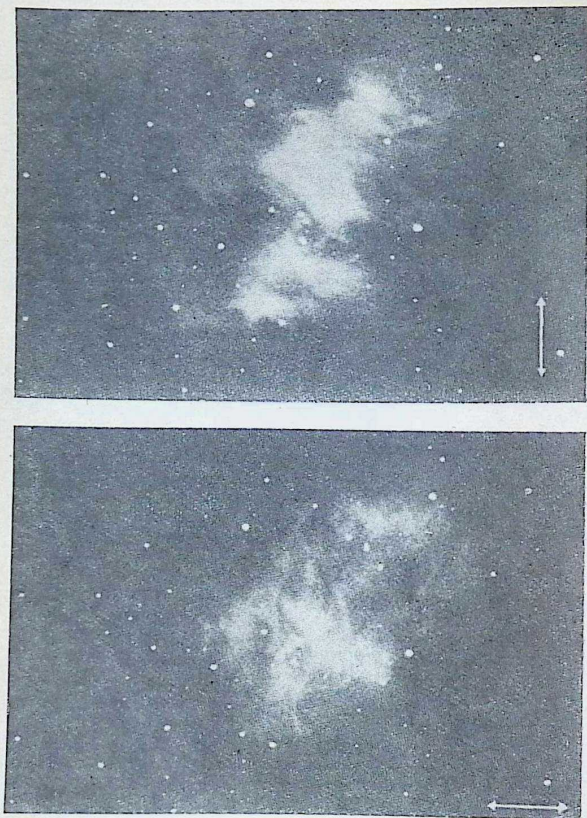


Рис. 6. Две фотографии Крабоподобной туманности, полученные через поляроид (стрелки указывают направление световых колебаний, пропускаемых поляроидом).

новой звезды частицы приобретают такую колоссальную энергию, почему вообще появляются сверхновые звезды? Нужно прямо сказать, что на эти вопросы астрономия пока не может дать ответа. Но растущая мощь современной науки не оставляет сомнения в том, что и эти вопросы будут решены.

Радиоастрономия и космология

Космология — раздел астрономии, изучающий весь доступный нашему наблюдению мир как часть единой, нераздельной Вселенной. Эта наука — особая, отличная от других областей астрономии. Получение надежных, неоспоримых данных в космологии — задача несравненно более трудная, чем, скажем, в звездной астрономии. Не удивительно поэтому, что именно здесь сыграли такую большую роль принципиально новые методы — методы радиоастрономии.

Даже теперь, при далеко не совершенной технике, радиоастрономия расширила границы наблюдаемой части Вселенной; она указала на такие внегалактические объекты, о которых не имела представления оптическая астрономия; она позволила сделать важные выводы, касающиеся общего строения Метагалактики — системы галактик, в которую входят все наблюдаемые нами галактики.

Остановимся на некоторых данных оптической астрономии.

Число галактик, доступных мощнейшим современным телескопам, значительно больше числа доступных наблюдениям звезд нашей Галактики. Оно достигает сотен миллионов. Галактики распределены в пространстве относительно «плотно», намного «плотнее», чем звезды внутри одной галактики.

Мир галактик, как и мир звезд, чрезвычайно разнообразен. Большое количество интереснейших фотографий галактик было получено с помощью величайшего в мире рефлектора с диаметром зеркала 5 метров, установленного в Калифорнии на горе Паломар. Некоторые из них приведены на рис. 7 и 8.

Спектр галактики представляет собой суммарный спектр всех ее звезд и поэтому похож на спектр типичной звезды, какой является, например, наше Солнце. Это типичный спектр поглощения, состоящий из темных линий на непрерывном фоне. Наиболее заметные линии в спектрах галактик — хорошо известные линии «Н» и «К», принадлежащие кальцию, лишенному одного из своих электронов. Исследование спектров галактик привело к открытию так называемого «красного смещения», ставшего одной из важнейших проблем современной космологии.

Нужно сказать, что в астрономии очень большое значение имеет «эффект Доплера». Этот эффект состоит в том, что линии в спектре движущегося источника света смещаются по



Рис. 7. Одна из ближайших к нам галактик в созвездии Андромеды. Расстояние до нее около 1,5 миллиона световых лет. Подобно нашей Галактике, она имеет спиральную структуру.

сравнению с линиями неподвижного источника к красному концу спектра, если источник движется от наблюдателя, или к фиолетовому концу, если источник движется в обратном направлении.



Рис. 8. Галактика, видимая «с ребра».

И вот в конце 20-х годов нашего столетия американский астроном Хэббл обнаружил, что во всех известных спектрах галактик линии смещены в красную сторону, причем смещение

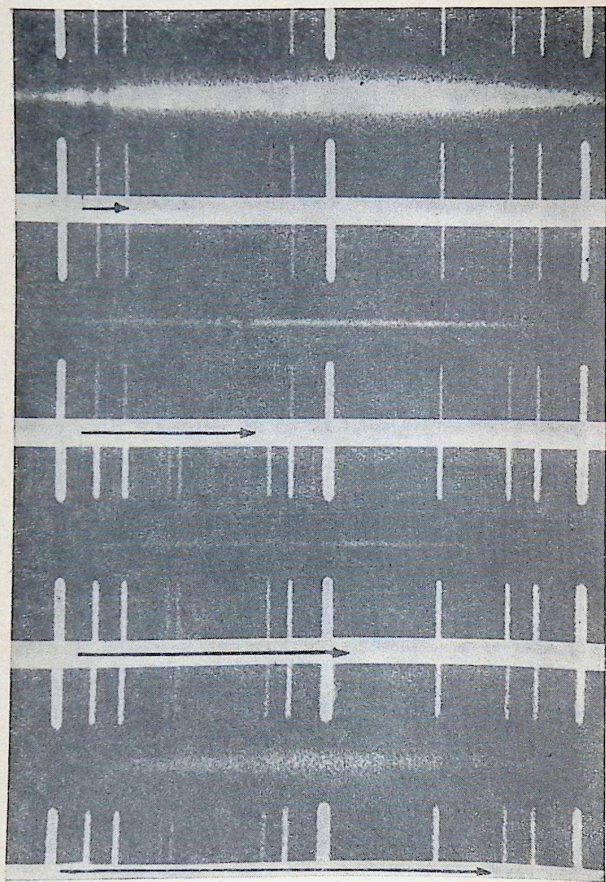


Рис. 9. Спектры четырех галактик. Сверху и снизу от каждого спектра помещены для сравнения спектры земного источника. Стрелки указывают величину красного смещения и фиксируют положение линий «Н» и «К». Расстояние до галактик возрастает пропорционально длине стрелок.

примерно пропорционально расстоянию до галактики (рис. 9). Все попытки объяснить это явление, помимо «эффекта Допплера», ни к чему не привели. Единственно возможным остается признать, что система известных нам галактик расширяется с возрастающей по мере удаления скоростью.

Многие зарубежные ученые, стоящие на идеалистических позициях, без всяких оснований экстраполируя это расширение, пришли к выводу, что несколько миллиардов лет назад вся Вселенная «родилась» в одной точке. Того же порядка и возраст Земли, определяемый геологами. Все это давало пищу для всякого рода идеалистических спекуляций. На самом же деле расширение системы известных нам галактик может иметь местный и временный характер.

Самый факт красного смещения имеет огромное значение для проблемы строения Метагалактики. Он объясняет ряд явлений, на первый взгляд довольно простых, но при объяснении которых астрономы сталкивались с большими трудностями.

Сюда относится, например, знаменитый фотометрический парадокс. Представим себе огромную сферу, в центре которой находится Земля и на которую проектируются все звезды, лежащие внутри нее. Поскольку звезды имеют определенные, конечные размеры, а число звезд во Вселенной неограниченно велико, то при увеличении радиуса этой сферы наступит момент, когда звезды будут проектироваться на звезды. Поэтому небо, казалось бы, должно быть таким же ярким, как поверхность Солнца. Для объяснения этого парадокса приходилось принимать искусственную схему распределения звезд во Вселенной. Если же учесть, что по мере удаления внегалактические источники по причине красного смещения излучают все более длинноволновую радиацию, то фотометрический парадокс естественным образом устраняется.

Вот с каким кругом явлений сталкивается астрономия, приступая к изучению «большой Вселенной». В самое последнее время выяснилось, что радиоастрономия существенным образом изменила положение в этой науке, имеющей большое философское значение. Как уже указывалось выше, в 1946 году был открыт необычайно мощный источник радиоизлучения в созвездии Лебедя. Поток от этого источника почти равен потоку радиоизлучения от Солнца, когда на нем нет пятен (см. выше). Если бы глаз был чувствителен к радиоизлучению, мы видели бы на небе, по крайней мере, два Солнца, в то время как в оптической области поток излучения Солнца в 100 миллионов раз больше, чем от всех объектов Вселенной за исключением Луны.

Долгое время природа источника радиоизлучения в Лебедь была неизвестна. И только когда с помощью мощнейших интерференционных устройств удалось достаточно точно найти его координаты, стало возможным исследовать эту область не-

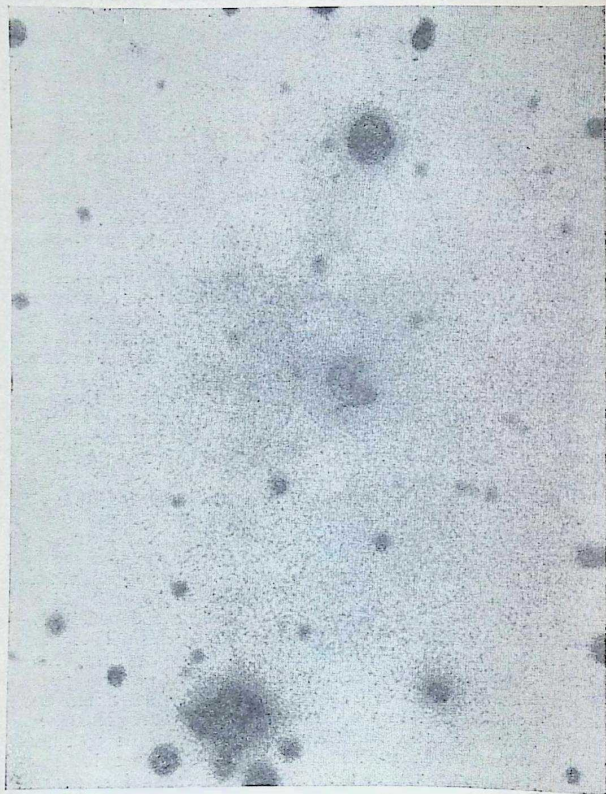


Рис. 10. Фотография области неба около источника радиоизлучения в Лебеде. В центре — сталкивающиеся галактики.

ба с помощью гигантского 5-метрового телескопа. Полученная фотография приведена на рис. 10. Оказалось, что здесь мы имеем дело с редчайшим феноменом — столкновением двух галактик, подобных нашей. Расстояние до них можно определить по их красному смещению. Оно оказалось равным 250 миллионам световых лет. Если мы вспомним, что Солнце удалено от нас лишь на 8 световых минут, а поток излучения обратно пропорционален квадрату расстояния, то получим представление о колоссальной мощности этого замечательного источника.

Каких же явлений можно ожидать при столкновении двух галактик?

Такое столкновение практически никак не скажется на звездах, так как их плотность в галактиках ничтожно мала. Но галактики заполнены сплошной средой — межзвездным газом. Возникшая при столкновении ударная волна нагреет межзвездный газ до огромной температуры. Может возникнуть очень много электромагнитных эффектов, и, следовательно, могут быть все условия для возникновения довольно сильных магнитных полей и большого числа релятивистских частиц, могущих быть источником мощного радиоизлучения.

Трудно предположить, что источник в Лебеде — единственный в своем роде среди бесконечного многообразия объектов Вселенной. Очевидно, что среди 2000 источников, зарегистрированных в Кембриджском каталоге (см. рис. 4), должны быть источники, подобные источнику в Лебеде и, следовательно, имеющие мощность того же порядка. Но современным радиотелескопам доступны источники в 5000 раз более слабые, чем источник в Лебеде. Если мощность их примерно одинакова, то такой источник должен находиться в $\sqrt{5000} \approx 70$ раз дальше, чем источник в Лебеде, следовательно, расстояние до него должно быть 70×250 миллионов ≈ 18 миллиардов световых лет. Это примерно вдвое больше, чем расстояние до самых далеких галактик, доступных оптическим телескопам. Хотя этот расчет очень приблизителен, он все же дает представление об эффективности радиоастрономических методов.

Установлено также, что существует класс радиогалактик, которые не сводятся к типу сталкивающихся. Это обычные в смысле оптического излучения галактики, очень сильно излучающие в радиодиапазоне.

Весьма интересные выводы были получены английским радиоастрономом Райлом при статистическом анализе Кембриджского каталога. Если предположить, что плотность источников радиоизлучения в пространстве постоянна, то можно показать, что зависимость числа источников, поток от которых больше определенной величины, от этой граничной величины потока будет изображаться в логарифмической шкале прямой, тангенс угла наклона которой будет равен — 1,5. Райл же полу-

чил от этого тангенса значение — 3. Отсюда следует, что плотность источников радиоизлучения должна быстро расти при удалении от Солнца. Райл дал этому явлению остроумное объяснение: ведь наблюдая галактики, удаленные от нас на миллиарды световых лет, мы наблюдаем их такими, какими они были миллиарды лет назад, в период своего образования. Но тогда галактики были расположены в пространстве гораздо «теснее» и, следовательно, столкновения между ними происходили чаще.

Все эти результаты пока следует рассматривать как очень предположительные и нуждающиеся в проверке; но этот пример показывает, что на самой заре радиоастрономических исследований можно делать очень интересные и важные выводы, подтверждающие или опровергающие те или иные космологические теории.

Таким образом, мы видим, что и в области космологии радиоастрономия получила интереснейшие результаты и, что более важно, открыла **увлекательные** перспективы.



ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Принимается подписка
НА БРОШЮРЫ-ЛЕКЦИИ НА 1958 ГОД

ПЕРВАЯ СЕРИЯ — общественно-политическая — 40 брошюр-лекций по вопросам истории КПСС, истории СССР, всеобщей истории и военно-исторических знаний

ВТОРАЯ СЕРИЯ — общественно-политическая — 40 брошюр-лекций по вопросам диалектического и исторического материализма, истории философии, государства и права, педагогики и научно-атеистических знаний

ТРЕТЬЯ СЕРИЯ — в помощь экономическому образованию — 40 брошюр-лекций по вопросам политической экономии, экономики промышленности и сельского хозяйства.

ЧЕТВЕРТАЯ СЕРИЯ — научно-техническая — 36 брошюр-лекций по вопросам техники, организации производства, истории технических открытий, изобретений, о передовом производственном опыте, о наиболее выдающихся работах в области науки и техники.

ПЯТАЯ СЕРИЯ — сельскохозяйственная — 32 брошюры-лекции о достижениях сельскохозяйственной науки, по вопросам сельскохозяйственного производства, об опыте новаторов и передовиков сельского хозяйства, механизации сельского хозяйства.

ШЕСТАЯ СЕРИЯ — литература и искусство — 24 брошюры-лекции по советской и русской классической литературе, литературе народов СССР и зарубежной литературе, по искусству и отдельным вопросам литературоведения, языкознания и эстетики.

СЕДЬМАЯ СЕРИЯ — вопросы международной жизни — 24 брошюры-лекции о внешней политике СССР, стран народной демократии, о внешней политике и внутреннем положении капиталистических государств, о современных международных отношениях, борьбе за мир и безопасность, о рабочем, демократическом и национально-освободительском движении.

ВОСЬМАЯ СЕРИЯ — естественно-научная — 52 брошюры: I выпуск — 24 брошюры по вопросам биологии, медицины и физической культуры; II выпуск — 28 брошюр по вопросам физики, химии, математики, астрономии, географии и геологии.

ДЕВЯТАЯ СЕРИЯ — молодежная — 12 брошюр о дружбе и товариществе, моральном облике молодого человека, советском патриотизме, истории комсомола, героизме молодежи в строительстве коммунизма.

УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ:

Серия	Колич. лекций	Подписная цена	
		на год	на полгода
Первая	40	24 р.	12 р.
Вторая	40	24 р.	12 р.
Третья	40	24 р.	12 р.
Четвертая	36	21 р. 60 к.	10 р. 80 к.
Пятая	32	16 р.	8 р.
Шестая	24	12 р.	6 р.
Седьмая	24	14 р. 40 к.	7 р. 20 к.
Восьмая			
I выпуск	24	14 р. 40 к.	7 р. 20 к.
II выпуск	28	16 р. 80 к.	8 р. 40 к.
Девятая	12	7 р. 20 к.	3 р. 60 к.

Подписка принимается городскими и районными отделами «Связьпечать», конторами, отделениями и агентствами связи, почтальонами, а также общественными уполномоченными по подписке на фабриках, заводах, в совхозах, колхозах, в учебных заведениях и учреждениях.

Издательство «ЗНАНИЕ»