

радиолучей. Мы видим, что на долю видимых лучей, которые до сравнительно недавнего времени только и использовались в астрономии, приходится очень малая область всего диапазона длин волн. Если, используя эту узенькую область, астрономия все-таки добилась больших успехов, то каких замечательных результатов она достигнет, когда научится добывать сведения, анализируя излучение всех длин волн.

Однако это трудно сделать, так как для многих областей длин волн атмосфера Земли оказалась непрозрачной. На рис. 106 штриховкой показаны области длин волн, по разным причинам не пропускаемых земной атмосферой. Мы видим, что имеется лишь два окна прозрачности. Одно из них охватывает область видимых лучей, часть ультрафиолетовой и часть инфракрасной области. Другое окно прозрачности расположено в области радиолучей, простирается приблизительно от длин волн 0,9 см до 90 м.

Если при выполнении наблюдений не выходить за пределы земной атмосферы, то возможно использование только излучения, проходящего сквозь окна прозрачности. До сороковых годов нашего столетия астрономия использовала только одно из этих окон, и лишь в наши дни энергичное освоение проходящего сквозь атмосферу излучения в радиоволнах и в нескольких узких интервалах длин волн инфракрасного излучения, для которых атмосфера также прозрачна, позволило сделать новые крупные шаги в исследовании Вселенной.

На искусственных спутниках Земли теперь стали устанавливать телескопы, позволяющие выполнять наблюдения в «запретных» раньше длинах волн дальнего ультрафиолетового, рентгеновского и гамма-излучения. Уже первые полученные здесь результаты привели к интереснейшим открытиям. И можно говорить о возникновении, наряду с радиоастрономией, инфракрасной, рентгеновской и гамма-астрономии. Астрономия стала вести наступление на загадки Вселенной по всему фронту длин волн.

Космическое радиоизлучение

Открытие явления космического радиоизлучения было сделано в 1931 г. Янским (США). Исследуя радишум, создаваемый излучением с длиной волны 14,6 м, он заметил, что значительная часть радишума связана с определенным направлением. Это направление изменялось

с течением времени, и характер зависимости направления от времени дня и времени года привел Янского к выводу, что приходящее излучение связано с областью ядра Галактики.

Однако ряд лет открытие Янского оставалось незамеченным. Лишь работы Рёбера (США), выполненные в 1940—1944 гг., привлекли к радиометодам изучения Вселенной необходимое внимание. Началось энергичное строительство радиотелескопов, подвижных и неподвижных, усовершенствовались методы наблюдений. Была создана новая отрасль астрономии — радиоастрономия.

В радиоастрономии используются длины волн в десятки тысяч, сотни тысяч и миллионы раз бóльшие, чем в оптических наблюдениях. Это, с одной стороны, дает большие преимущества, а с другой стороны, вызывает и значительные трудности.

Основное преимущество состоит в том, что большая длина волны резко понижает требования к точности поверхностей отражающего лучи зеркала телескопа. Важно, чтобы неровности поверхности были малы в сравнении с длиной волны излучения. Поэтому радиотелескопы можно делать без такой тщательной шлифовки поверхности, как оптические, и сооружать их из металла, а не из стекла. В то время как диаметр самого большого оптического телескопа равен 6 м, диаметры подвижных радиотелескопов уже достигли 100 м. Они собирают электромагнитное излучение с площади в сотни раз большей, чем самый большой оптический телескоп.

Еще бóльшую суммарную площадь антенны имеют составные радиотелескопы. Например, австралийский кольцевой радиотелескоп состоит из 96 антенн, каждая диаметром в 13 м, установленных вдоль окружности диаметром в 13 км. А радиотелескоп РАТАН-600, введенный в эксплуатацию в 1974 г. близ станции Зеленчукской на Северном Кавказе и состоящий из кругового, диаметром 576 м, отражателя, содержащего 895 антенных секций, и плоского отражателя, включающего 124 секции, имеет еще более значительную суммарную площадь антенн. Такие радиотелескопы способны регистрировать излучение меньшей мощности, чем оптические телескопы. Если какой-нибудь объект излучает одинаковое количество энергии в радиодиапазоне и в оптическом диапазоне частот, то на некотором расстоянии от нас его уже будет невозмож-

но оптически наблюдать, а радиоизлучение еще будет уверенно приниматься.

Другим преимуществом радиоволн является прозрачность для них всех типов облаков, так что наблюдения можно вести в любую погоду. Прозрачна для них и межзвездная пыль.

Недостатки, вызываемые использованием излучения с большой длиной волны, состоят в том, что при этом уменьшается точность определения направления на источник излучения и возникают трудности в изучении тонкой структуры излучающих объектов. Разрешающая способность телескопа, т. е. минимальное угловое расстояние между двумя точками, которые телескоп может фиксировать раздельно, не сливая их в одну, определяется формулой

$$\alpha = 2,5 \cdot 10^5 \cdot \frac{\lambda}{D}, \quad (25)$$

где λ — длина волны принимаемого излучения, D — диаметр объектива телескопа, α — разрешающая способность в секундах дуги.

Для оптических телескопов, ввиду малости длины волны излучения, α получается равным очень малой доле секунды. Для радиотелескопов же положение иное. Если при помощи 100-метрового радиотелескопа принимать даже самое коротковолновое из доступных радиоизлучение — $\lambda = 1$ см, то α получается равным $25''$. Для всех других волн и других полноподвижных несоставных радиотелескопов α значительно больше, выражается минутами дуги. Это означает, что радиотелескоп не может точно фиксировать положение точечного источника и не может отличить источник излучения с диаметром в несколько минут от точечного источника.

В составных телескопах роль диаметра объектива играет диаметр окружности, вдоль которого расставлены антенны. Поэтому α у радиотелескопа РАТАН-600 почти в 6 раз, а у австралийского кольцевого в 30 раз меньше, чем у 100-метрового радиотелескопа.

Но основной успех в достижении высокой разрешающей способности в радиоастрономии был достигнут путем применения радиointерферометров. В этом методе два радиотелескопа действуют синхронно, находясь возможно далеко друг от друга. Тогда получаемые ими совместно синхронные наблюдения обладают разрешающей способ-

ностью, которая получается по формуле (25), где D — расстояние между радиотелескопами, так называемый базис радиointерферометра.

В настоящее время радиointерферометрические наблюдения проведены для значительного числа объектов при весьма больших базисах, вплоть до 10 тыс. км. В этих случаях радиотелескопы размещаются на различных континентах. По формуле (25) можно подсчитать, что разрешающая способность радиointерферометров может достигать нескольких десятитысячных долей секунды дуги, так что точность определений положений и величин диаметров источников излучения в радиоастрономии теперь даже выше, чем в оптической астрономии.

Радиотелескопы настраиваются на определенную длину волны. Наблюдения показали, что со всех участков неба к нам идет радиоизлучение и притом во всех длинах волн. Для многих длин волн уже выполнены обзоры обширных участков неба, т. е. определена интенсивность излучения в этой длине волны для множества направлений, заполняющих избранную область неба.

Как правило, интенсивность радиоизлучения возрастает при приближении к галактическому экватору. Следовательно, источники радиоизлучения, как и многие другие наблюдаемые объекты, обнаруживают галактическую концентрацию.

Дискретные источники радиоизлучения

Самым интересным результатом выполненных обзоров неба на различных длинах радиоволн явилось открытие большого числа дискретных, т. е. точечных или почти точечных источников радиоизлучения. Помимо того, что слабое радиоизлучение приходит практически со всех направлений, имеется много точек на небе, в которых оно особенно сконцентрировано. Это показывает, что в данных направлениях находятся какие-то тела, являющиеся достаточно сильными источниками радиоизлучения.

Ряд лет основным каталогом дискретных источников радиоизлучения был изданный в 1959 г. третий Кэمبرиджский каталог, составленный Эджем, Шейкшафтом, Адамом, Болдуином и Арчером. Каталог содержит 471 дискретный источник радиоизлучения, расположенный между склонениями -22° и $+71^\circ$. Наблюдения произво-