

КАТАЛОГ ПРОФИЛЕЙ ЛИНИИ ПОГЛОЩЕНИЯ Н I В СПЕКТРАХ ГАЛАКТИЧЕСКИХ РАДИОИСТОЧНИКОВ.

I. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРОФИЛИ

*З. А. Алферова, А. П. Венгер, И. В. Госачинский, В. Г. Грачев,
Т. М. Егорова, С. Р. Желенков, Н. П. Комар, В. Г. Могилева, Н. Ф. Рыжков*

Приведены профили линии поглощения Н I для 55 галактических радиоисточников. Для 20 источников профили получены впервые. Еще в 15 случаях удалось устранить противоречия, существовавшие в результатах других авторов.

HI-line absorption profiles for 55 galactic radio sources are presented. This is the first determination for 20 of them. In the other 15 cases we succeeded in elimination of contradictions in the data of previous authors.

Линия поглощения межзвездного нейтрального водорода (Н I) на волне 21 см дает много информации как о межзвездной среде, так и о дискретных радиоисточниках, в спектре которых она наблюдается. Комбинируя данные линии поглощения с профилями линии излучения, удастся измерить концентрацию и кинетическую температуру облаков Н I в наиболее распространенном случае средних значений оптической толщины. Кроме того, в поглощении лучше проявляются наиболее холодные и плотные облака газа. Для дискретных источников удастся определить важнейший параметр — расстояние их от Солнца, что особенно существенно для галактических объектов — областей Н II и остатков вспышек сверхновых.

Начиная с пионерских работ Хагена и Мак-Клейна [1] и Вильямса и Дэвиса [2], появилось более трех десятков исследований линии поглощения Н I, сделанных на всех крупнейших радиотелескопах мира. Некоторые из этих работ будут упомянуты ниже при сравнении наших результатов с данными, полученными на других инструментах. Примерно половина из этих работ сделана с помощью радиоинтерферометров, поскольку, как показали Кларк, Радхакришнан и Вилсон [3], такой инструмент весьма пригоден для наблюдений линии поглощения на неоднородном фоне, который создается излучением линии Н I.

Очень скоро было обнаружено, что характер профиля линии поглощения Н I сильно зависит от разрешающей способности антенны. На рис. 1 приведены профили линии поглощения Н I для одного из самых ярких источников северного неба — остатка сверхновой Телец А, полученные на трех инструментах: одиночной антенне с шириной диаграммы 35' [4], двухантенном интерферометре с расстоянием между лепестками 6' [3] и РАТАН-600 (получен в настоящей работе, ширина диаграммы 2'). Профили приведены к разрешающей способности по лучевым скоростям 6.3 км/с. Различия в глубине поглощения компоненты +4 км/с заведомо превосходят ошибки наблюдений и объясняются неоднородностями распределения оптической толщины по диску источника.

Кроме того, при наблюдениях линии поглощения большие методические трудности создают также неоднородности фона излучения радиолитии Н I. Как будет показано ниже, от них не застрахованы и интерферометрические наблюдения. Эти трудности приводят не только к разбросу параметров измеряемых деталей профилей, но и к появлению в профилях ложных деталей. В таких

условиях выделение линии поглощения облегчается при высоком угловом разрешении антенны. Наилучшим выходом было бы получение полных карт радиолинии поглощения с системами апертурного синтеза, имеющими рекордное угловое разрешение. Однако системы апертурного синтеза имеют очень маленькое поле зрения, в то время как большинство галактических радиисточников протяженные. Далее, для слабых объектов синтезированные карты с трудом поддаются очистке и, кроме того, такие наблюдения очень трудоемки и сделаны в настоящее время лишь для нескольких наиболее ярких галактических объектов [5—7]. Отметим также две работы с высоким угловым разрешением, выполненные на VLA [8, 9].

Наблюдения линии поглощения H I на радиотелескопе РАТАН-600 проводились с 1977 по 1983 г. В настоящей работе приведены проинтегрированные

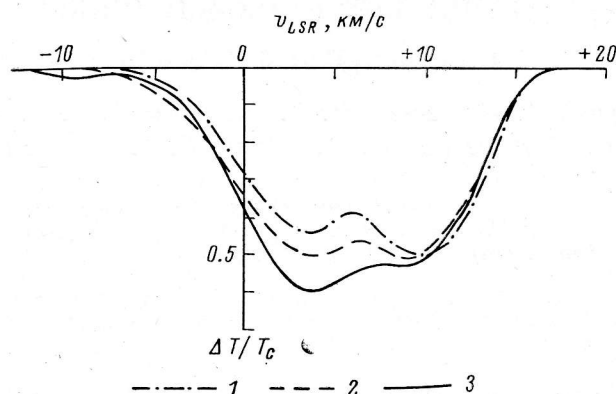


Рис. 1. Профили линии поглощения радиисточника Телец А.

1 — одиночная антенна с шириной диаграммы $35'$ [4]; 2 — интерферометр с расстоянием между лепестками $6'$ [3]; 3 — РАТАН-600, ширина диаграммы $2'$.

по дискам источников профили для 55 галактических радиисточников. Для 20 источников профили получены впервые, еще в 15 случаях удалось прояснить противоречивые данные других авторов. Некоторые результаты наблюдений обсуждались нами ранее в работах [10—13] и приведены здесь для полноты материала. Результаты наблюдений этих объектов в непрерывном спектре, которые могут понадобиться при использовании наших данных, опубликованы в работе [14].

Аппаратура и методика наблюдений. Наблюдения проводились на Северном, Южном и Южном с плоским отражателем секторах радиотелескопа РАТАН-600. Результаты исследований параметров антенны и аппаратуры на волне 21 см и методика наблюдений и обработки подробно описаны в работах [15—18]. Ширина диаграммы направленных антенны составляла $2' \times 130'$, эффективная площадь на средних углах — 850 м^2 . На входе радиоспектрометра применялись: до 1982 г. охлаждаемый жидким азотом двухкаскадный параметрический усилитель (шумовая температура системы 180 К), а с 1982 г. — охлаждаемый транзисторный усилитель и тракт с шумовым пилот-сигналом (шумовая температура системы 90 К). Использовались до 1978 г. 20-канальный, а с 1978 г. — 39-канальный фильтровые спектроанализаторы с шириной канала 30 кГц (6.3 км/с) и расстоянием между каналами 30 кГц. Постоянная времени выходных устройств спектроанализатора составляла 6 с. Одновременно со спектральными каналами производилась регистрация канала непрерывного спектра с полосой 10 МГц. Результаты измерений до 1978 г. регистрировались на перфоленту и обрабатывались на ЭВМ M222, а с 1978 г. — на магнитную ленту и обрабатываются на ЭВМ M4030.

Для каждого источника обычно получались две серии по три записи с изменением настройки примерно на 15 кГц, так что в результате получалась 78-канальная запись с расстоянием между каналами 3.1 км/с . После осреднения трех записей средний квадрат флуктуаций в спектральных каналах составлял до 1982 г. 0.5 К, после 1982 г. — 0.25 К.

Выделение линии поглощения. Пример кривых прохождения через диаграмму направленности радиосточника ЗС 10 (остаток сверхновой Тихо Браге) в непрерывном спектре и некоторых спектральных каналах приведен на рис. 2. Как

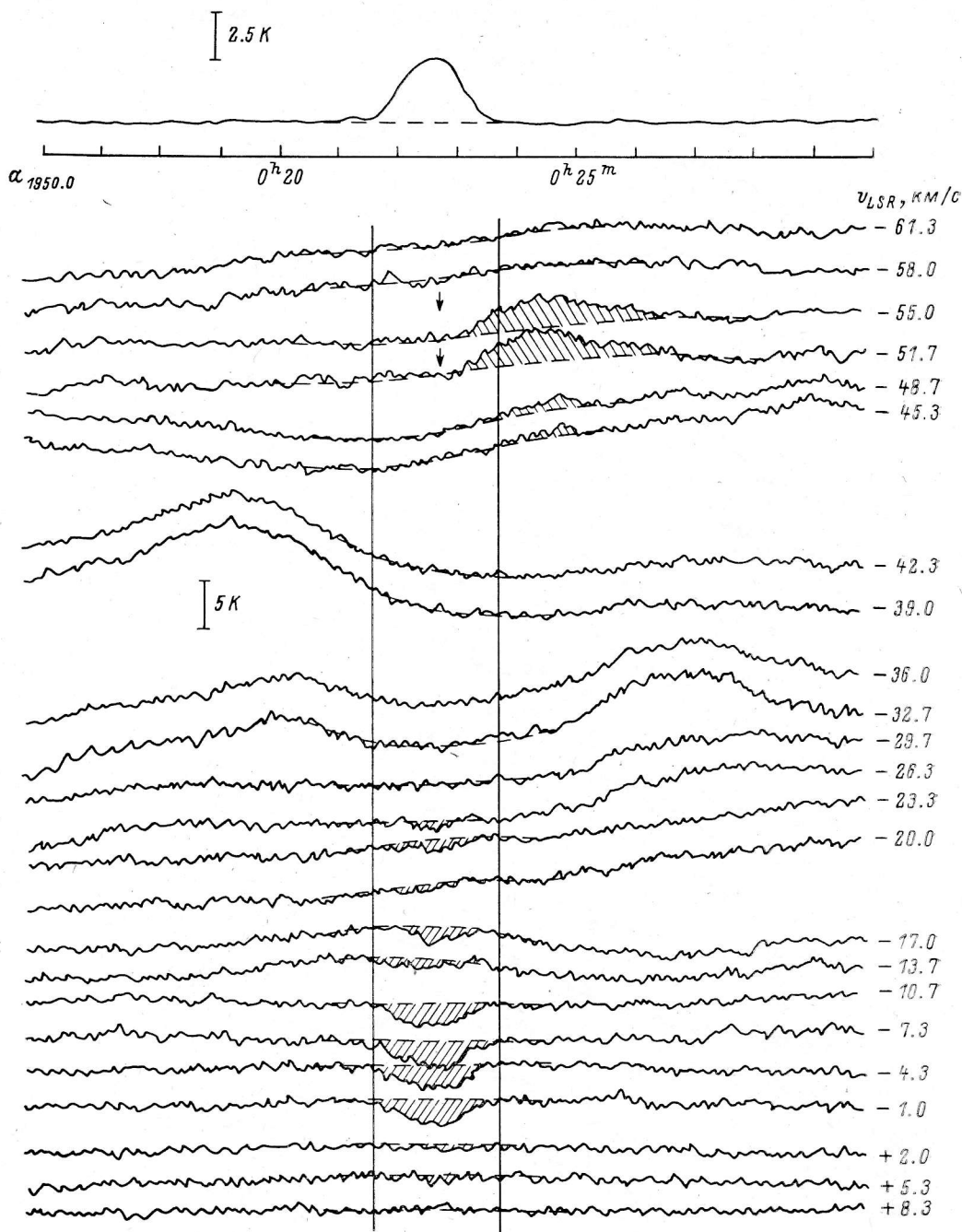


Рис. 2. Кривые прохождения радиосточника ЗС 10.

Вертикальные линии ограничивают область интерполяции фона на месте источника. Заштрихован сигнал линии поглощения и облако H I в излучении. Стрелками показаны ложные сигналы в поглощении.

известно, при наличии в диаграмме антенны источника непрерывного спектра антенная температура линии H I на некоторой лучевой скорости v определяется в общем случае следующими выражениями:

$$T_A(\alpha, \delta, v) = \eta T_K(\alpha, \delta, v) (1 - e^{-\tau_1(\alpha, \delta, v)}) + \eta T_{BC} e^{-\tau_1(\alpha, \delta, v)} - \eta T_{BC}; \quad (1)$$

$$\tau(\alpha, \delta, \nu) = 1.681 \cdot 10^3 \frac{n_{\text{H}}(\alpha, \delta, \nu)}{T_{\text{K}}(\alpha, \delta, \nu)} \cdot \frac{1}{dv/dr} \quad (2)$$

Здесь τ_1 — оптическая толщина H I на лучевой скорости ν ; τ_2 — то же, для газа, расположенного между источником непрерывного спектра с яркостной

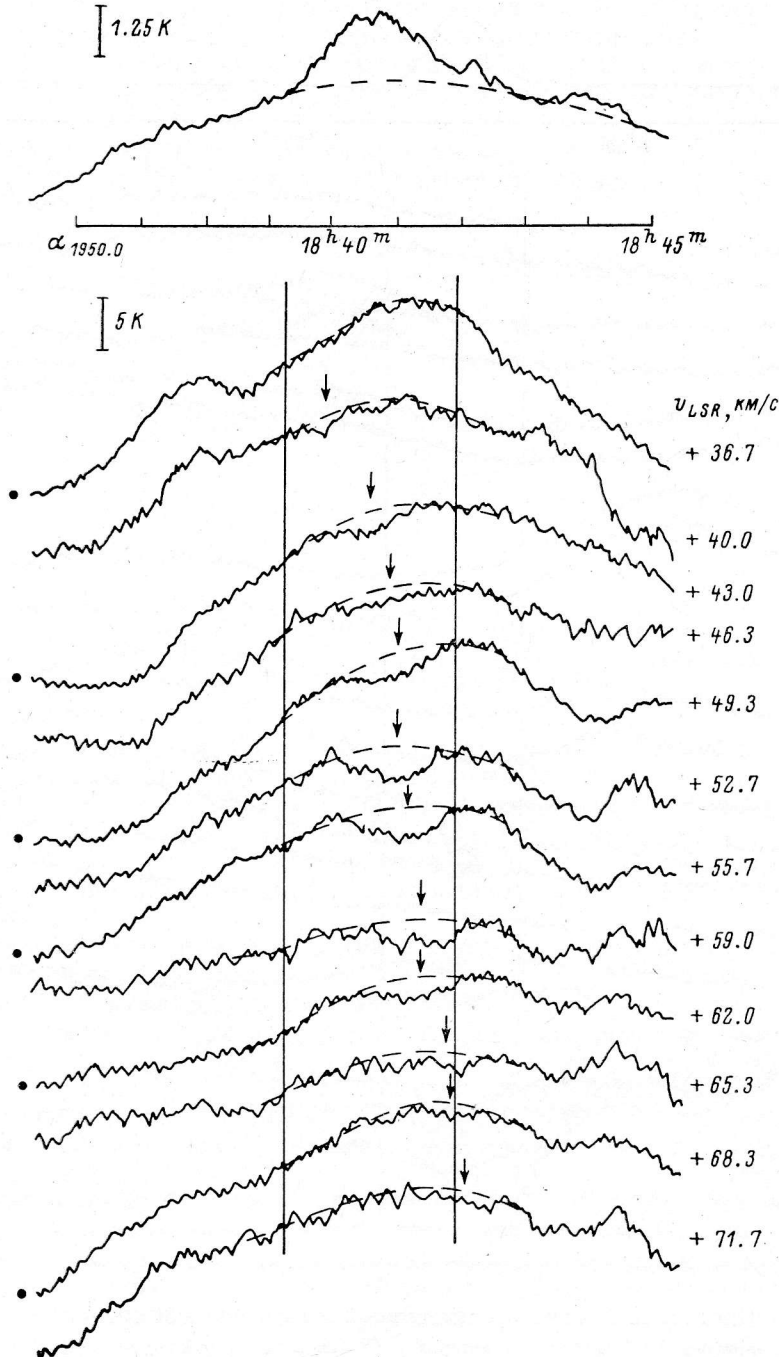


Рис. 3. Кривые прохождения радиоисточника G 28.6+0.0.

Обозначения те же, что и на рис. 2.

температурой T_{BC} и наблюдателем (предполагается, что сам источник оптически тонкий на волне 21 см); η — эффективность радиотелескопа по яркостной температуре; $n_{\text{H}}(\alpha, \delta, r)$ и $T_{\text{K}}(\alpha, \delta, r)$ — распределение концентрации и кинетиче-

ской температуры Н I на луче зрения, dV/dr — производная от распределения лучевой скорости на луче зрения (в километрах в секунду на килопарсек). Последний член в (1) возникает в результате стандартной методики вычитания интенсивности непрерывного спектра из сигнала в спектральных каналах. Выражение (1) можно преобразовать следующим образом, опуская зависимость параметров от координат:

$$\Delta T_A = T_A - \eta T_K (1 - e^{-\tau_1}) = -T_{AC} (1 - e^{-\tau_2}); \quad (3)$$

$$\Delta T_A / T_{AC} = -(1 - e^{-\tau_2}); \quad T_{AC} = \eta T_{BC}. \quad (4)$$

Величина ΔT_A есть глубина линии поглощения в антенных температурах, а $\Delta T_A / T_{AC}$ называется относительным поглощением и непосредственно связана с физическими параметрами поглощающих облаков газа. Однако член $\eta T_K (1 - e^{-\tau_1})$, называемый обычно «ожидаемым прохождением», получить из наблюдений нельзя. Обычно его вычисляют с помощью интерполяции излучения фона радиолитии Н I на месте источника непрерывного спектра (штриховые линии на рис. 2). Именно эта процедура влечет за собой большинство ошибок измерения профилей линии поглощения, поскольку фон излучения линии Н I крайне неоднороден, а разрешающая способность антенн часто недостаточна, что ухудшает точность интерполяции.

В настоящей работе интерполяция фона излучения радиолитии на месте источника непрерывного спектра (область, ограниченная вертикальными линиями на рис. 2—4) производилась с помощью полиномов 3-й или 5-й степени. Далее, распределение ΔT_A [см. формулу (3)] по источнику проверялось по следующим двум критериям.

1. Даже при бесконечной оптической толщине τ_2 величина ΔT_A не может быть больше T_{AC} , что следует из выражения (3). Поэтому любая деталь ΔT_A , нарушающая это условие, считалась ложной.

2. Можно показать, что зависимость ΔT_A от α должна отражать ход $T_{AC}(\alpha)$. Действительно, из (3) следует, что относительное изменение $\tau_2(\alpha)$, особенно при больших значениях τ_2 , дает малый вклад в изменение ΔT_A :

$$\frac{\delta(\Delta T_A)}{\Delta T_A} = \frac{\delta(T_{AC})}{T_{AC}} + \frac{\delta(\tau_2) e^{-\tau_2}}{1 - e^{-\tau_2}}. \quad (5)$$

Разумеется, при малых τ_2 его вклад в ΔT_A становится таким же, как и T_{AC} , он поскольку при этом $\Delta T_A \approx T_{AC} \tau_2$, само ΔT_A мало по сравнению с чувствительностью в спектральных каналах.

Что касается деталей фонового излучения Н I, то для них характерно изменение координат с изменением лучевой скорости. Таким образом, по этому критерию также можно отличить действительный сигнал в поглощении от ложного, возникающего из-за понижения яркости фона между двумя деталями в излучении.

На рис. 3 приведен пример ложного сигнала в поглощении, нарушающего оба указанных условия. На лучевых скоростях от +49.3 до +59 км/с ΔT_A более чем в 2 раза превосходит $T_{AC} = 1.7$ К, и, кроме того, максимум ΔT_A очевидно смещается к востоку с увеличением лучевой скорости. Еще один пример трудностей с флуктуациями фона приведен на рис. 4 (источник КЕ 67). Профиль линии поглощения Н I этого источника, полученный с помощью интерферометра в работе [21], имеет два отчетливых максимума поглощения в диапазоне лучевых скоростей от +80 до +130 км/с. На рис. 4 видно, что все детали, которые можно было бы интерпретировать как линию поглощения (отмечены стрелками), изменяют свои координаты с изменением лучевой скорости и, следовательно, являются ложными. Еще более интересный случай представляет источник ЗС 10 (рис. 2) на лучевых скоростях от -48.7 до 55.0 км/с. В работах [19] (одиночное зеркало) и [20] (интерферометр) здесь зафиксирован максимум поглощения. На рис. 2 отчетливо видно, что на самом деле на восточном краю источника располагается облако Н I в излучении, а сигнал линии поглощения ложный.

Таким образом, интерферометр оказывается столь же чувствительным к неразрешенным флуктуациям фона, как и одиночные антенны. Для иллюстра-

ции этого мы приведем на рис. 5 сравнение нашего профиля поглощения источника W 49 A с результатами интерферометрических наблюдений из работ [6, 22, 23]. Расхождения профилей друг с другом намного превосходят ошибки наблюдений.

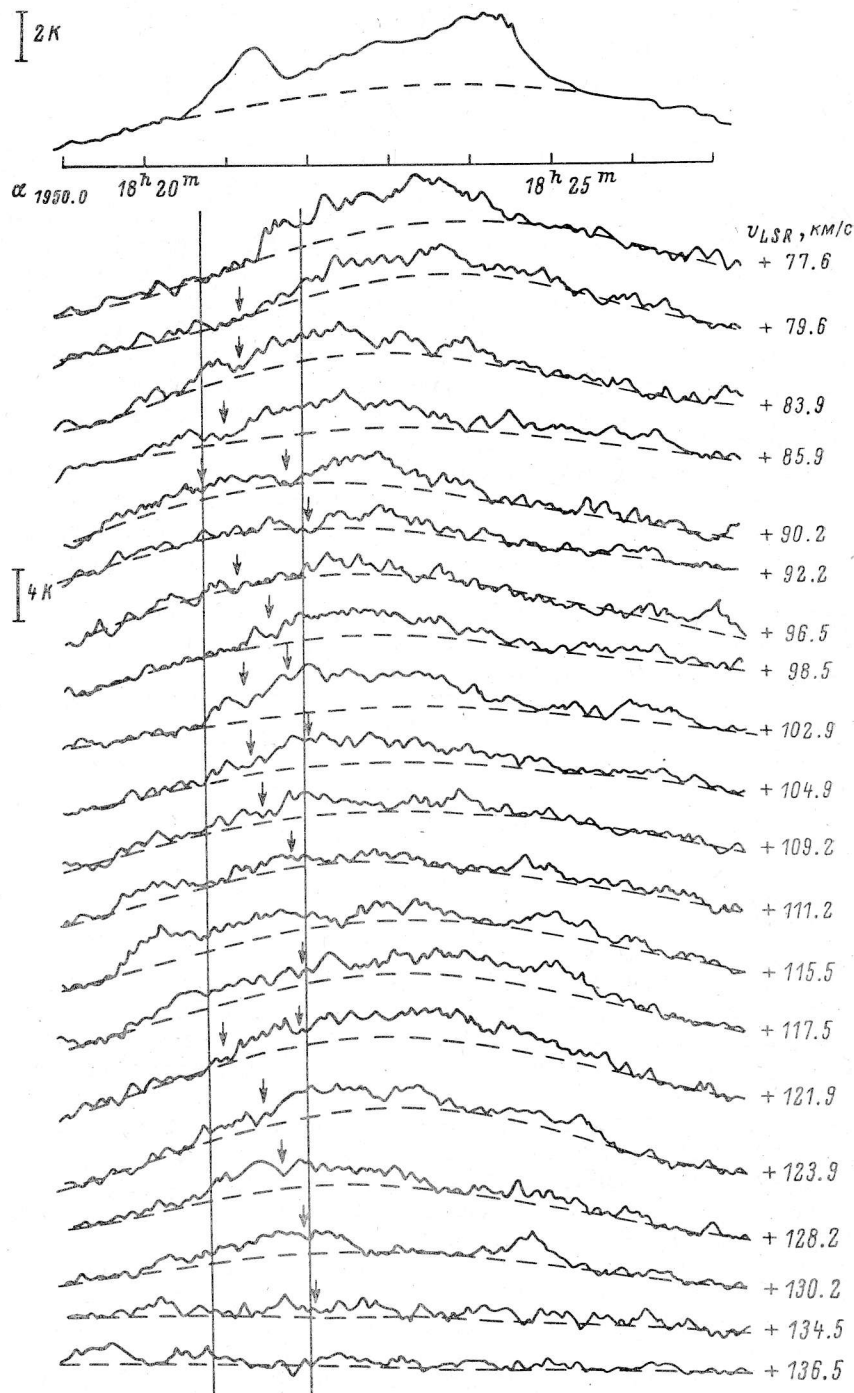


Рис. 4. Кривые прохождения радиоисточников KE 67 и W 39.

Обозначения те же, что и на рис. 2.

Каталог профилей радиолинии поглощения III. Поскольку все исследованные источники разрешаются диаграммой направленности РАТАН-600, на каждой лучевой скорости была получена зависимость величины $\Delta T_A / T_{AC}$ от прямого восхождения. Затем эти кривые были осреднены по дискам источников в об-

ластях, где $T_{AC} \gg 2$ К для наблюдений, полученных до 1982 г., и $T_{AC} \gg 1$ К для наблюдений после 1982 г., причем одновременно вычислялась и среднеквадратичная ошибка измерения средней величины $\Delta T_A/T_{AC}$. При этом она, очевидно, равна

$$\sigma(\Delta T_A/T_{AC}) = \sqrt{\sigma_{ш}^2 + \sigma_{\phi}^2 + \sigma_{\epsilon}^2} \cdot \frac{1}{\langle T_{AC} \rangle}, \quad (6)$$

где $\sigma_{ш}$ — среднеквадратичная ошибка измерения антенной температуры в спектральном канале; σ_{ϕ} — средний квадрат неразрешенных и не отработанных интерполяционными полиномами флуктуаций излучения фона и σ_{ϵ} — то же для реальных флуктуаций относительно поглощения, возникающих из-за неодно-

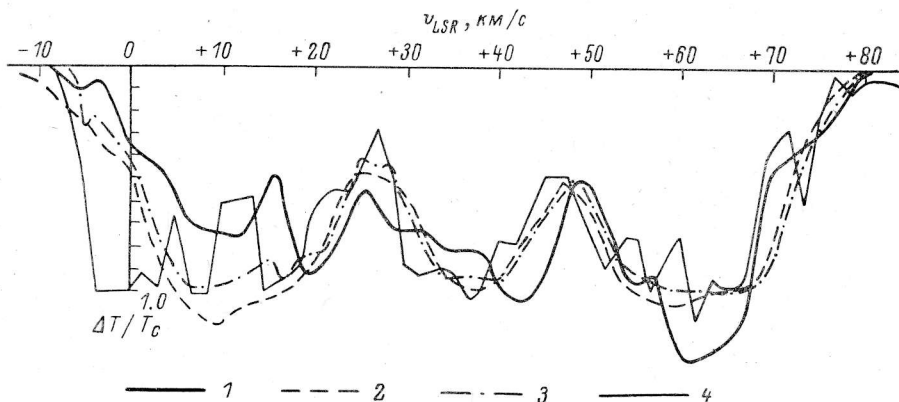


Рис. 5. Профили линии поглощения радиосточника W 49A, полученные на радиотелескопе РАТАН-600 (1) и на интерферометрах: 2 — [22], 3 — [6], 4 — [23].

родного распределения оптической толщины по диску источника. Среднеквадратичной ошибкой измерения T_{AC} мы пренебрегаем, поскольку она примерно в 20 раз меньше $\sigma_{ш}$.

Полученные таким образом интегральные профили линии поглощения вместе со своими среднеквадратичными ошибками приведены на рис. 6. Источники расположены в порядке возрастания галактической долготы, указаны их галактические координаты и названия. По горизонтальной оси на всех рисунках отложены лучевые скорости относительно местного стандарта покоя в километрах в секунду, по вертикальной оси — относительное поглощение. Ниже приводится подробное обсуждение результатов по каждому объекту и сравнение наших данных с результатами других авторов. При сравнении основное внимание обращалось на наличие деталей профиля у разных авторов. Различия в величине поглощения отмечались только в исключительных случаях.

G 6.1—1.2 (W 29). Широкий профиль без четких деталей. В [22] профили одиночного зеркала и интерферометра сильно различаются. Наш профиль на отрицательных скоростях ближе к одиночному зеркалу, а на положительных — к интерферометру, но в [22] глубина поглощения вдвое больше. В [24] профиль смещен на 7 км/с в сторону отрицательных скоростей.

G 6.5+0.1 и G 6.6—0.3 (W 28). Профиль протяженной компоненты этого источника получить не удалось из-за неоднородностей фона. Профили этих двух компонент получены впервые, обсуждались ранее в [12]. Профиль всего объекта из [22] в целом близок к нашим, а в [24] сильно отличается — поглощения на +40...+70 нет ни у кого.

G 8.5—0.2 (W 30). Из-за неоднородностей фона получен профиль только узкой компоненты источника. Других данных нет.

G 10.2—0.3 (W 31). Хорошее согласие нашего профиля с данными работ [22, 25—27]. Яркая деталь на +12 км/с может быть blendой деталей +7 и +18 км/с или появиться за счет неразрешенной компоненты W 31 В. Наш профиль по глубине поглощения ближе к данным интерферометров.

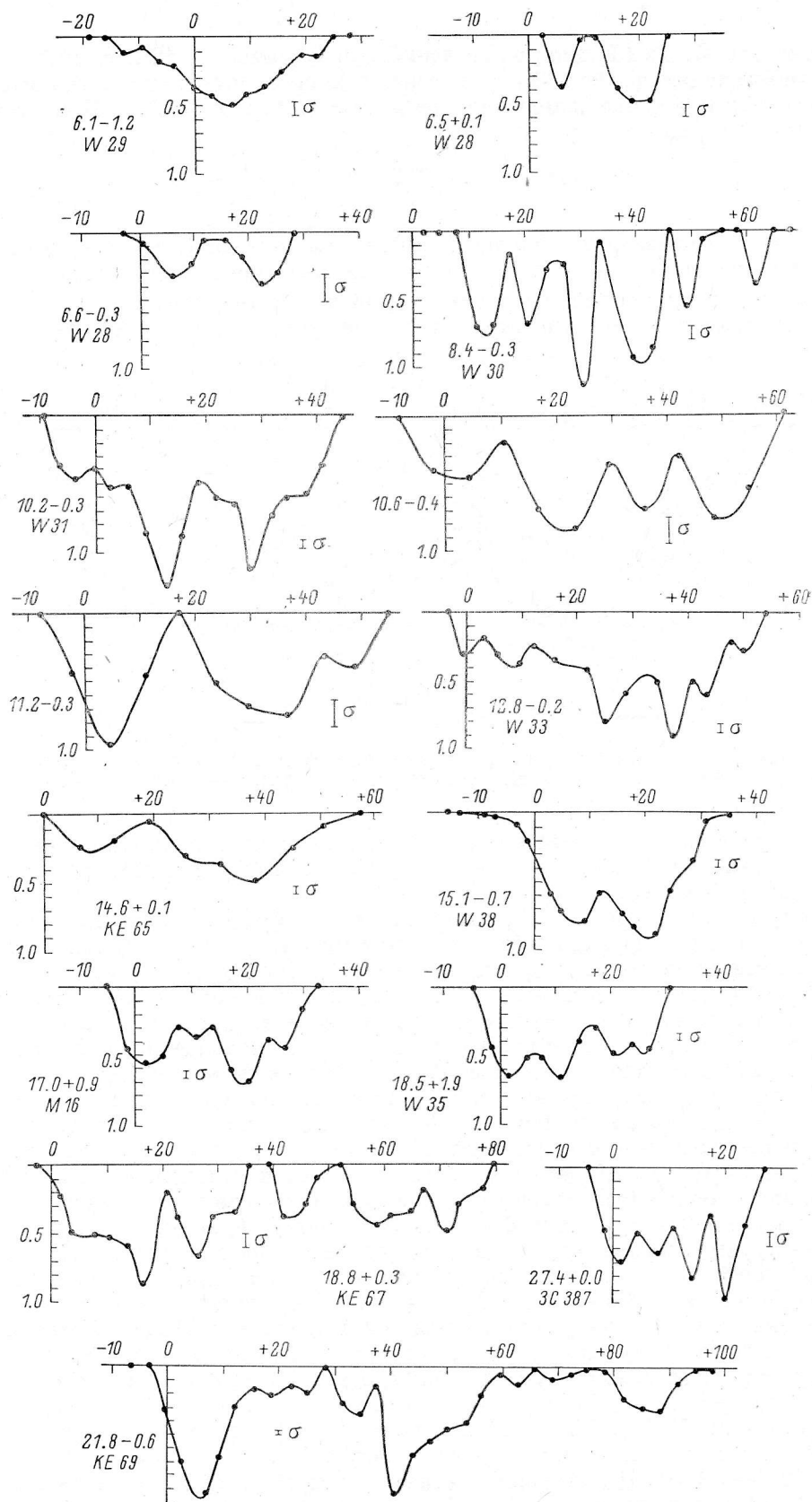


Рис. 6. Профили линии поглощения HI, полученные на радиотелескопе РАТАН-600.

Указаны галактические координаты и названия источников непрерывного спектра. По горизонтальной оси — лучевые скорости относительно местного стандарта покоя в километрах в секунду, по вертикальной оси — относительное поглощение. Вертикальные черточки — среднеквадратичные ошибки измерения относительного поглощения.

G 10.6—0.4. Профиль из [21] близок к нашему, за исключением того, что у нас компоненты +5.2 и +6.9 км/с не разрешились, а лучевые скорости компонент +31 и +45.9 км/с смещены на +36 и +51 км/с.

G 11.2—0.3. Профиль из [22] близок к нашему, однако деталь на +14.5 км/с у нас не видна.

G 12.8—0.2 (W 33). Хорошее согласие с профилем из [22], полученным с интерферометром. В [23] весь профиль смещен в сторону отрицательных лучевых скоростей. Компонента +60 км/с из [24] ложная.

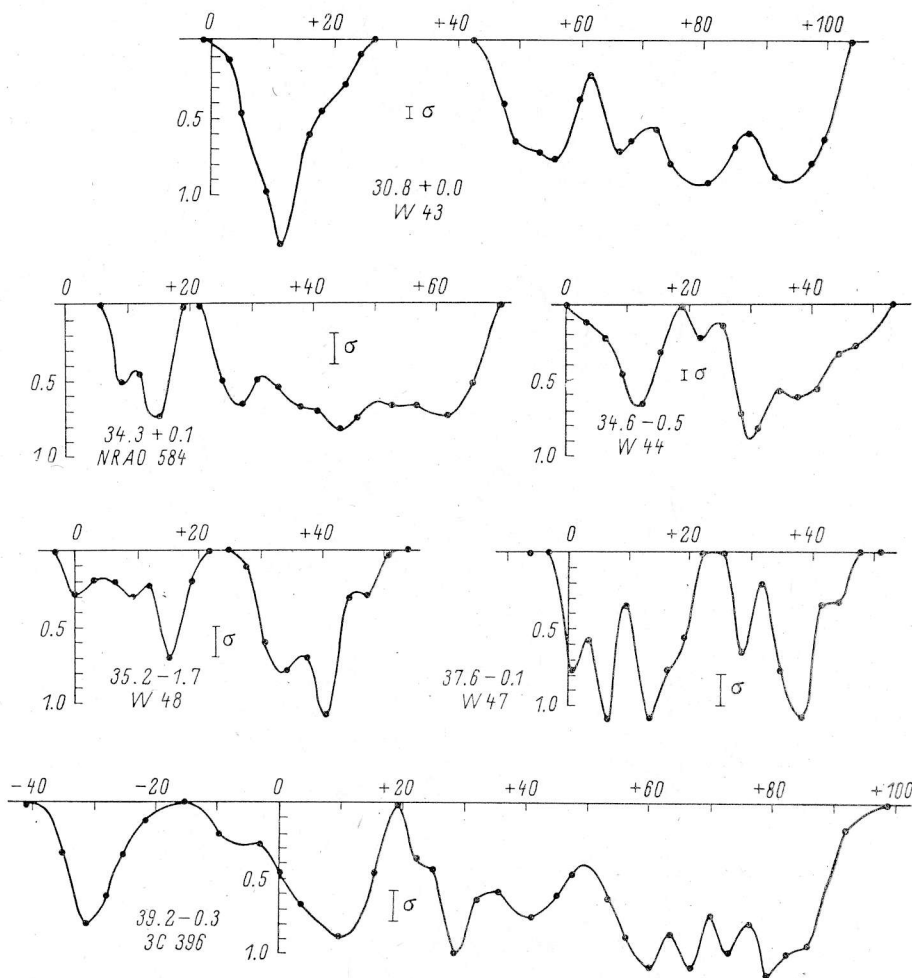


Рис. 6 (продолжение)

G 14.6+0.1 (KE 65). Других наблюдений нет.

G 15.1—0.7 (W 38). Хорошее согласие с данными [3, 21, 22]. В [24] компоненты +62.4, +50 и —23.7 км/с ложные.

G 17.0+0.9 (M 16). Наш профиль в общем соответствует профилю из [22] (одиночное зеркало), но деталей +40... +50 км/с у нас нет. В [28] снят не весь профиль, но согласие есть за исключением нашей компоненты +27 км/с.

G 18.5+1.9 (W 35). Других наблюдений нет. Яркое облако фона на +14... +27 км/с затрудняет выделение линии поглощения.

G 18.8+0.3 (KE 67). Детали из [22] на +80... +120, вероятно, ложные из-за флуктуаций фона. В остальном профиль близок к нашему.

G 21.8—0.6 (KE 69). У нас не разрешаются источники G 21.8—0.6 и G 21.5—0.9. Профиль из [22] близок к нашему, но деталей +100... +105 у нас нет [флуктуации фона (?)]. Детали на +40... +60, вероятно, от G 21.5—0.9 [21].

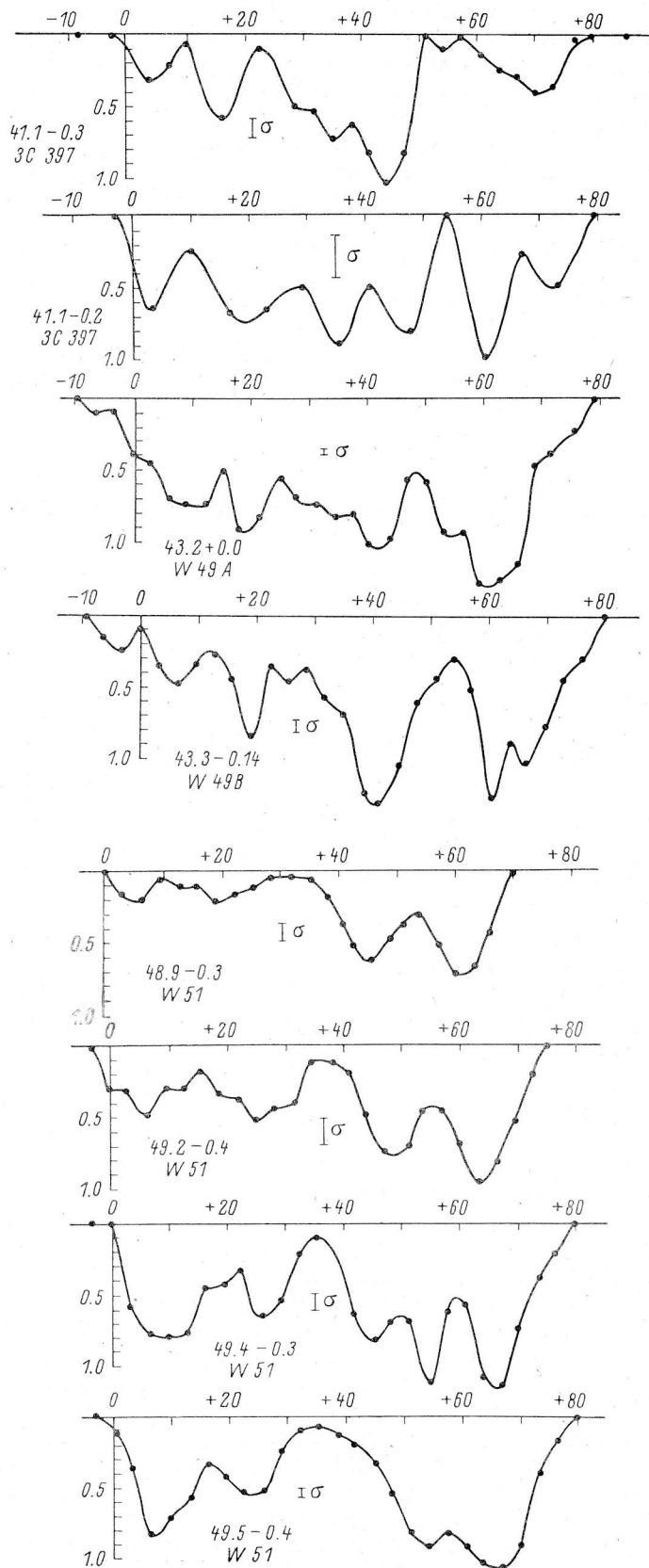


Рис. 6 (продолжение)

G 27.4+0.0 (ЗС 387). Других наблюдений нет. Компоненты +15 и +21, вероятно, результат неоднородностей фона.

G 30.8+0.0 (W 43). Профиль широкой детали получить невозможно из-за неоднородностей фона. Профиль узкой детали прекрасно согласуется с данными [22]. В профиле из [3] отсутствуют детали +55 и +67 км/с, детали -13.7 из [24] нет ни в одной работе.

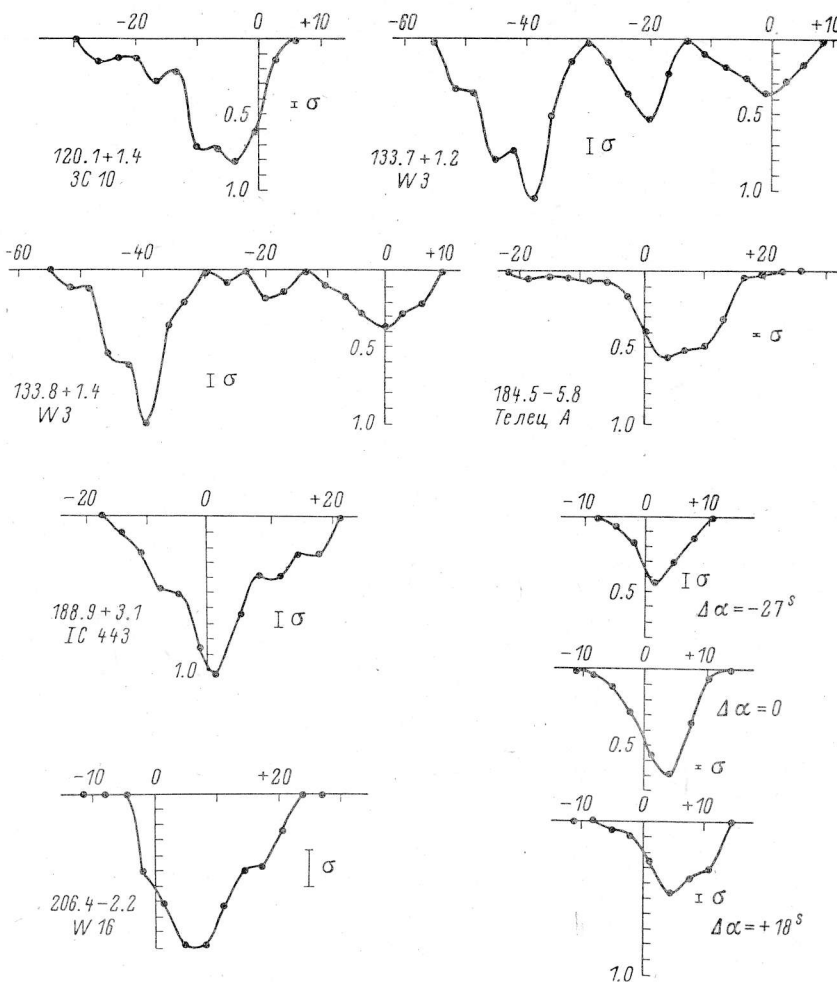


Рис. 6 (продолжение)

G 34.3+0.1 (NRAO 584). Наши данные подробно обсуждались в [11]. Профиль хорошо согласуется с [21] и [29].

G 34.6-0.5 (W 44). Профиль подробно обсуждался в [44]. Хорошо согласуется с данными работ [21, 22], за исключением деталей +56.4. . . +93 км/с. Детали +61 км/с из [24] нет ни в одной из работ.

G 35.2-1.7 (W 48). Хорошо согласуется с профилями из [22] (интерферометр) и [29]. В профиле с одиночным зеркалом из [22] есть ложные детали.

G 37.6-0.1 (W 47). Профиль получен только для самой яркой компоненты источника и только до +60 км/с. Дальше мешают неоднородности фона. Удовлетворительно согласуется с данными [29], за исключением узких деталей +26.5, +47 и +54.3 км/с, которых у нас нет. Деталь на +92.6 [29] скорее всего ложная.

G 39.2-0.3 (ЗС 396). Полное согласие с данными [20, 21].

G 41.4-0.3 и G 41.1-0.2 (ЗС 397). На положительных лучевых скоростях хорошо согласуется с данными [21, 22]. Компоненты -36.3 и -13.8 км/с [21] отсутствуют в [22] и у нас. У G 41.1-0.2 есть дополнительная компонента на +60 км/с.

G 43.2—0.0 (W 49 A). Прекрасное согласие с интерферометрами [6, 22, 23] и хуже — с одиночными зеркалами [22, 30]. В [23] вид профиля около нулевых скоростей сильно отличается от других.

G 43.3—0.14 (W 49 B). Хорошее согласие с [6, 22, 30].

G 49.5—0.4 и G 49.4—0.3 (W 51 A). Профили отдельных компонент получены впервые. Хорошее согласие с [22, 23, 31]. В [3] отличаются лучевые скорости деталей, в [24] профиль совершенно неверный. Профиль G 49.4—0.3 отличается от более яркой компоненты наличием детали на +45 км/с.

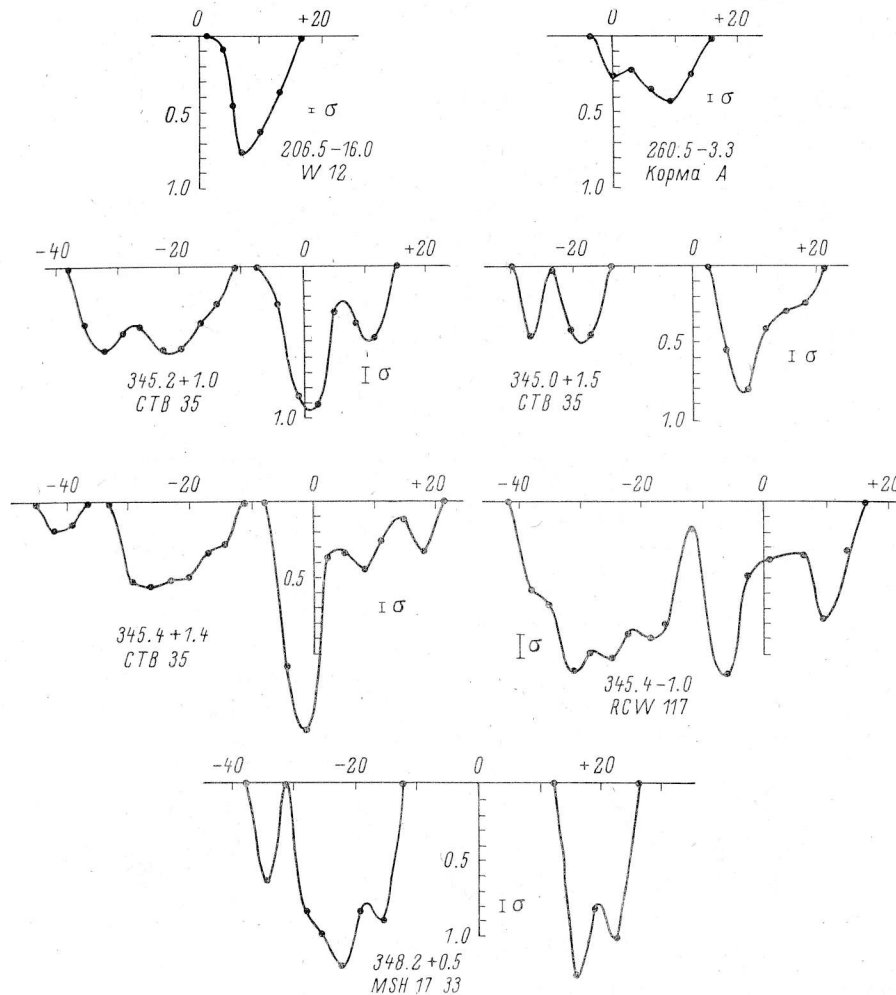


Рис. 6 (продолжение)

G 49.2—0.4 и G 48.9—0.3 (W 51 B). Профили отдельных компонент получены впервые. Общий профиль хорошо согласуется с [22].

G 120.1+1.4 (ЗС 10). Кривые прохождения показывают, что деталь профиля на $-40 \dots -70$ км/с [19, 20] есть результат неоднородности фона.

G 133.7+1.2 и G 133.8+1.4 (W 3 A и B). Хорошее согласие с данными работы [23].

G 184.5—5.8 (Телец А). Хорошее согласие с [3, 20, 22]. Заметное у нас крыло профиля на $-40 \dots -20$ км/с есть в [20].

G 188.9+3.1 (W 14). Полного профиля поглощения нет ни в одной работе.

G 206.4—2.2 (W 16). Других данных нет. Наш профиль подробно обсуждается в [13].

G 206.5—16.0 (W 12). Наш профиль близок к данным [22].

G 208.9—19.5 (Орион А). Три профиля на диске источника подробно обсуждаются в работе [10], где имеется также сравнение их с результатами других

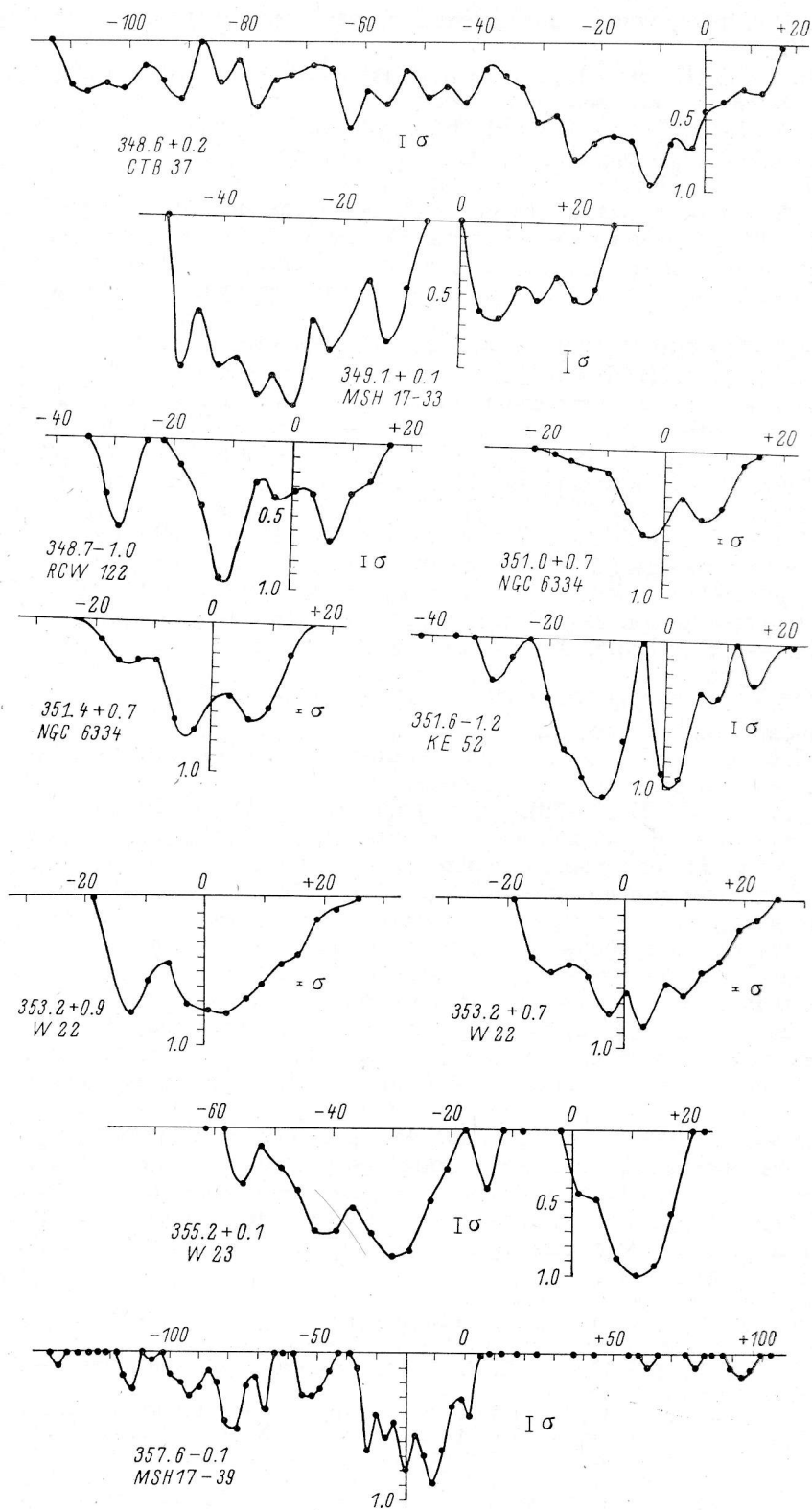


Рис. 6 (продолжение)

авторов. Поведение линии поглощения подтверждается данными апертурного синтеза [6].

G 260.5—3.3 (Корма А). Других данных нет. Очень низкий источник, регистрируется только его северная часть.

G 345.4—1.0 (RCW 117). Профиль похож на [22], где профили интерферометра и одиночного зеркала сильно различаются.

G 345.0+1.5 (СТВ 35). Других данных нет.

G 345.2+1.0 и G 345.4+1.4 (СТВ 35). Противоречивые профили в работах [21] и [22]. Соотношение глубины компонент отличается от наших профилей. Нет компоненты +17 км/с. Слабая компонента —40 км/с есть в [22]. Деталей —40.1, —6.3 и +34.1 км/с из [24] не существует ни в одной из других работ.

G 348.7—1.0 (RCW 122). Хорошее согласие с данными [22].

G 348.6+0.2 (СТВ 37 А и В). Компоненты этого источника расположены по склонению и у нас не разрешаются. Профили [21] близки к нашему. Наши детали —54 и —82 км/с, видимо, ложные. Профиль из [22] (одиночное зеркало) близок к нашему в диапазоне от +7 до —22 км/с, а далее испорчен флуктуациями фона. Профиль в [24] на +10. . . —30 км/с совершенно неверен.

G 348.2+0.5 и G 349.1+0.1. Других данных нет.

G 351.4+0.7 и G 351.0+0.7 (NGC 6334). В [22] три профиля, полученные с одиночным зеркалом, близки к нашим, а два интерферометрических отличаются. В работе [3] профиль источника с этим названием получен в другом месте по координатам. В [24] профиль совершенно неверный.

G 351.6—1.2 (КЕ 52). Профиль из [22] близок к нашему, хотя детали +30 км/с (одиночное зеркало) у нас нет.

G 353.2+0.9 и G 353.2+0.7 (W 22). Наш профиль согласуется с данными [3, 22]. Профиль из [24] совершенно неверный.

G 355.2+0.1 (W 23). Других данных нет. Детали поглощения на —10. . . —60 км/с вызывают сомнение.

G 357.6—0.1 (MSH 17—39). Очень сложный профиль. В диапазоне от +20 до —60 км/с наш профиль близок к данным [22, 32]. Деталь —70 км/с видна в профиле из [22], полученном с интерферометром. Деталей +45 и +70 км/с из [32] у нас нет, но видно +105. . . +120 км/с.

Заключение. Проведенный выше анализ показывает, что профили линии поглощения HI, полученные на радиотелескопе РАТАН-600, хорошо согласуются с интерферометрическими данными по тем источникам, для которых они получены, и в ряде случаев позволяют дополнить их и исправить. Следует также отметить, что большинство профилей из [24] не согласуется ни с нашими данными, ни с результатами других авторов. Это связано, скорее всего, с недостаточно корректной интерполяцией фона при получении «ожидаемых профилей».

В следующих работах этого цикла мы приведем результаты измерения распределения оптической толщины линии поглощения по дискам источников, сопоставление данных линии поглощения с рекомбинационными линиями для областей HII и расстояниями по Σ — D -зависимости для остатков сверхновых, а также результаты измерения физических характеристик облаков HI по данным линии поглощения.

Литература

1. Hagen J. P., McClain E. F. Galactic absorption of radio waves. — *Astrophys. J.*, 1954, 120, p. 368—370.
2. Williams D. R. W., Davies R. D. The measurement of the distance of radio sources by interstellar neutral hydrogen absorption. — *Nature*, 1954, 173, p. 4182—4185.
3. Clark B. J., Radhakrishnan V., Wilson R. W. The hydrogen line in absorption. — *Astrophys. J.* 1962, 135, p. 151—185.
4. Muller C. A. 21-cm absorption effects in the spectra of two strong radio sources. — *Astrophys. J.*, 1957, 125, p. 830—834.
5. Schwarz U. J., Wesselius P. R. Small-scale structure in the distribution of neutral hydrogen. — *Astron. Astrophys.*, 1978, 64, p. 97—101.
6. Lockart L. A., Goss W. M. High-resolution mapping of the HI absorption lines in the direction of NGC 2024, Orion A, M 17 and W 49. — *Astron. Astrophys.*, 1978, 67, p. 355—372.

7. Green D. A., Gull S. F. Distance to Crab-like supernova remnant 3c 58. — *Nature*, 1982, **299**, p. 606—608.
8. Rodriguez L. F., Moran J. M. Neutral hydrogen associated with the planetary nebula NGC 6302. — *Nature*, 1982, **299**, p. 323—324.
9. A survey of HI absorption at low latitudes / J. M. Dickey, S. R. Kulkarni, J. H. Van Gorkom et al. — *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1983, **53**, p. 591—621.
10. Нейтральный водород в окрестности галактических радиосточников. Туманность Ориона / З. А. Алферова, А. П. Венгер, И. В. Госачинский и др. — *Астрон. журн.*, 1979, **56**, с. 1191—1205.
11. Нейтральный водород в области галактических радиосточников. Остаток сверхновой W 44 / А. П. Венгер, И. В. Госачинский, В. Г. Грачев и др. — *Астрон. журн.*, 1981, **58**, с. 1187—1198.
12. Нейтральный водород в области галактических радиосточников. Остаток сверхновой W 28 / А. П. Венгер, И. В. Госачинский, В. Г. Грачев и др. — *Астрон. журн.*, 1982, **59**, с. 20—28.
13. Госачинский И. В., Херсонский В. К. Распределение нейтрального водорода в области туманности Розетка и звездной ассоциации Единорог OB 2. — *Астрон. журн.*, 1982, **59**, с. 237—245.
14. Каталог координат, угловых размеров и плотностей потока компонент галактических радиосточников на волне 21 см / З. А. Алферова, А. П. Венгер, И. В. Госачинский и др. — *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 1983, **17**, с. 67—88.
15. Спектрометрический комплекс радиотелескопа РАТАН-600 / А. П. Венгер, В. Г. Грачев, Т. М. Егорова и др. — *Сообщ. САО*, 1982, **35**, с. 5—18.
16. Приемное устройство спектрометра на волну 21 см / А. П. Венгер, Л. Г. Гасанов, Ю. Д. Гудзь и др. — *Препринт ЛФ САО*, 1984, № 8 Л, с. 1—25.
17. Исследование параметров антенны РАТАН-600 и радиоспектрометра на волне 21 см / А. П. Венгер, И. В. Госачинский, В. Г. Грачев, Н. Ф. Рывков. — *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 1981, **14**, с. 118—124.
18. Алферова З. А., Госачинский И. В. Математическое обеспечение спектральных наблюдений на радиотелескопе РАТАН-600. — *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 1978, **10**, с. 129—131.
19. Lazareff B. Neutral hydrogen absorption spectra. — *Astron. a. Astrophys.*, 1975, **42**, p. 25—54.
20. Hughes M. P., Tompson A. R., Colvin R. S. An absorption line study of the galactic neutral hydrogen at 21 cm wavelength. — *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1971, **23**, p. 323—370.
21. Neutral hydrogen absorption measurements yielding kinematic distances for 42 continuum sources in the galactic plane / J. L. Caswell, J. P. Murray, R. S. Roger et al. — *Astron. a. Astrophys.*, 1975, **45**, p. 239—258.
22. 21-cm absorption measurements of 41 galactic sources north of declination -48° / V. Radhakrishnan, W. M. Goss, J. D. Murray et al. — *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1972, **24**, p. 49—121.
23. Dickey J. M., Benson J. M. Neutral hydrogen studies with a novel instrument. — *Astron. J.*, 1982, **87**, p. 278—305.
24. Kerr F. J., Knapp G. R. Parkes hydrogen-Line survey of the Milky Way. IV. Absorption by low-latitude continuum sources. — *Australian J. Phys. Astrophys. Suppl. Ser.*, 1970, **18**, p. 9—58.
25. Greisen E. W., Lockman F. J. The kinematics and distribution of cool HI clouds toward three galactic HII regions. — *Astrophys. J.*, 1979, **228**, p. 740—747.
26. Kalberla P. M. W., Goss W. M., Wilson T. L. An HI absorption determination of the distance of W31. — *Astron. a. Astrophys.*, 1982, **106**, p. 167—186.
27. Riegel K. W. HI spectral line observations in the direction of W 31. — *Astrophys. J.*, 1971, **164**, p. 29—45.
28. An investigation of the neutral and ionized gas in M 16 / S. L. Mufson, W. F. Fountain, G. A. Gary et al. — *Astrophys. J.*, 1981, **248**, p. 992—1009.
29. Silvergate P., Terzian Y. Neutral hydrogen absorption of HII regions. — *Astron. J.*, 1978, **83**, p. 1412—1416.
30. Госачинский И. В., Быстрова Н. В. Область пониженной яркости радиолнии 21 см около радиосточника W 49. — *Астрон. журн.*, 1968, **45**, с. 691—693.
31. Sato F., Akabane K. A. Equal-velocity contour diagrams of neutral hydrogen 21-cm line radiation. — *Annales Tokyo Astron. Obs. 2nd Ser.*, 1974, **14**, p. 120—139.
32. Cohen R. J. Neutral hydrogen in the galactic centre region. III. Absorption measurements. — *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1977, **178**, p. 547—567.