

УДК: 524.527

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАКОВ ГИДРОКСИЛА В ГАЛАКТИКЕ

Л. В. ЮРЕВИЧ

Поступила 30 декабря 1986

Принята к печати 20 декабря 1987

По обзору галактической плоскости в линиях гидроксила на частотах 1665 и 1667 МГц исследуется распределение молекулярных облаков в Галактике. Расстояния до облаков определяются по зависимости $D(r)$ параметров линий поглощения гидроксила от гелиоцентрического расстояния. Получены радиальные распределения молекулярных облаков в четырех галактоцентрических квадрантах. Выявленная концентрация облаков гидроксила в молекулярное кольцо согласуется с радиальным распределением межзвездных молекул CO и CN в Галактике. Показано, что крупномасштабное распределение облачных комплексов можно описать моделью двухрукавной спирали с углами закрутки 6.93 и 5.94 .

1. *Введение.* Особенности распределения межзвездного вещества в Галактике представляют интерес для изучения ее крупномасштабной структуры, динамики и исследования процессов звездообразования. Первые крупномасштабные распределения межзвездного вещества были получены на основании наблюдений излучения нейтрального водорода на длине волны 21 см. В последующих исследованиях уточнялись характеристики крупномасштабного распределения галактического межзвездного вещества.

Для выявления крупномасштабного узора Галактики используются различные галактические системы: области повышенной плотности нейтрального водорода [1, 2], яркие области H II [3, 4], молекулярные облака CO [5—7], мазерные источники OH [8] и другие оптические индикаторы. Такие исследования интерпретируются существованием крупномасштабной спиральной структуры Галактики, однако при этом количество спиральных рукавов и их углы закрутки различаются у разных исследователей. В предложенных моделях число спиральных рукавов варьируется от 2 до 8, а углы закрутки лежат в интервале 5° — 27° [6].

Отсутствие единой картины крупномасштабной структуры Галактики объясняется особенностями применяемого при этом кинематического метода определения расстояний до индикаторов спиральных рукавов. Наблюдаемые отклонения от круговых движений в окрестностях этих рукавов могут приводить к значительным ошибкам определения их положения.

Еще одной особенностью кинематического метода определения расстояний является неоднозначность гелиоцентрических расстояний в галактической области внутри солнечной орбиты радиуса R_0 . Для этих областей проще изучать радиальное распределение межзвездного вещества. К настоящему времени получено радиальное распределение нескольких межзвездных молекул: CO [9, 10], H_2CO [11], CN [12]. Характерной особенностью этого распределения является выраженная концентрация молекулярного вещества в интервале галактоцентрических расстояний 4—8 кпк, где оно сосредоточено в кольце с максимумом на 5 кпк от центра Галактики ($R_0 = 10$ кпк).

В настоящей работе исследуется распределение молекулярных облаков в плоскости Галактики, которые наблюдаются в поглощении молекулами гидроксила на длине волны 18 см [13]. Расстояния до молекулярных облаков определяются на основании зависимости параметров линий поглощения OH на частотах 1665 и 1667 МГц от гелиоцентрического расстояния [14]. Однозначность определения этим методом гелиоцентрических расстояний внутри солнечной орбиты в Галактике позволяет непосредственно исследовать распределение молекулярных облаков в этой и внешней галактических областях.

По выявленным из обзора галактической плоскости в линиях OH [13] поглощающим деталям исследуется радиальное распределение молекулярных облаков в четырех галактоцентрических квадрантах и проводится его сравнение с радиальным распределением других межзвездных молекул. С учетом выявленных особенностей радиальных распределений, которые проявляются в наличии отдельных пиков во всех галактоцентрических квадрантах, изучается крупномасштабное распределение сблочных комплексов и проводится попытка описания их распределения в рамках модели двухрукавной спиральной структуры.

2. *Расположение поглощающих деталей в галактической плоскости.* Предложенный в работе [14] метод определения расстояний до галактически молекулярных облаков основывается на линейной зависимости от гелиоцентрического расстояния параметра линии поглощения гидроксила $D = (\Delta\nu^2/T_A)^{1/3}$ на частотах 1665 и 1667 МГц. Здесь $\Delta\nu$ — полуширина линии поглощения, T_A — ее глубина (антенная температура). В работе [15] были проиллюстрированы возможности данного метода для исследования круговых скоростей молекулярных облаков. На примере тангенциальной кривой вращения OH показано, что в центральных областях Галактики (где преимущественно располагаются исследуемые облака гидроксила) кинематика системы облаков OH близка к кинематике систем облаков CO и HI в том случае, когда круговые скорости определяются аналогичными методами.

Для изучения распределения молекулярных облаков из обзора Галактики в линиях гидроксила [13] было выбрано 1138 линий поглощения, наблюдаемых на частотах 1665 и 1667 МГц. Для каждой линии поглощения по ее параметру D на основании линейной зависимости $D(r)$ [15] определялось гелиоцентрическое расстояние до соответствующего поглощающего облака. Расположение выявленных таким образом 1138 поглощающих деталей в галактической плоскости приводится на рис. 1.

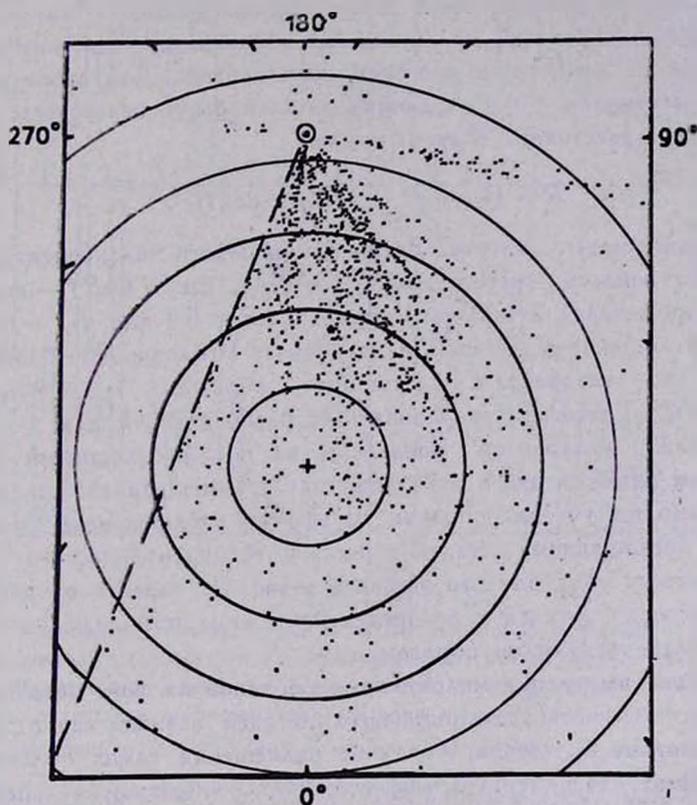


Рис. 1. Расположение поглощающих деталей облаков гидроксила в галактической плоскости: \odot — Солнце, $+$ — центр Галактики. Концентрические окружности проведены через 2 кпк. Штриховая линия — граница обзора [13] на долготе $l = 337^\circ$.

Условие выявления молекулярных облаков в поглощении фоновых источников обусловило визуально наблюдаемое на рис. 1 распределение поглощающих деталей молекулярных облаков вдоль гелиоцентрических радиальных направлений. Дополнительное воздействие дисперсии зависимости $D(r)$ по r , составляющей около 1.5 кпк в области галактического центра и увеличивающейся с удалением от Солнца, усложняет картину реального размещения молекулярных облаков в галактической плоскости. Вслед-

ствии эффекта диаграммы направленности радиотелескопа, благодаря которому работает зависимость $D(r)$, на близких к Солнцу расстояниях фиксируются структурные детали молекулярных комплексов облаков, в то время как на далеких расстояниях ($r \geq R_0$) молекулярные комплексы выделяются целиком, что также усиливает видимость уменьшения количества облаков с удалением от Солнца.

3. *Радиальное распределение молекулярных облаков.* Из расположения поглощающих деталей молекулярных облаков получим распределение этих облаков по галактоцентрическим расстояниям. Для этого гелиоцентрические расстояния r поглощающих деталей были переведены в галактоцентрические расстояния R по формуле

$$R = (R_0^2 + r^2 - 2 \cdot R_0 \cdot r \cdot \cos l)^{1/2},$$

где l — галактическая долгота. Затем для каждого галактоцентрического квадранта строилась гистограмма $N(\Delta R)/N_q$, где $N(\Delta R)$ — количество поглощающих деталей в кольцах шириной $\Delta R = 0.4$ кпк, N_q — общее количество поглощающих деталей в квадранте. Поглощающие детали распределены по квадрантам следующим образом: $N_1/N_2/N_3/N_4 = 700/234/64/140$. Гистограммы радиальных распределений для 1—4 галактоцентрических квадрантов приведены на рис. 2 сплошными линиями. Штриховыми линиями здесь показаны гистограммы радиальных распределений, в которых учтена поправка на эффект наблюдаемого уменьшения количества поглощающих деталей с ростом гелиоцентрического расстояния. Фактически учет данного эффекта позволяет перейти от распределения поглощающих деталей к распределению самих поглощающих облаков. Он проводился следующим образом.

Вследствие выявления молекулярных облаков на фоне источников радиоизлучения количество поглощающих деталей зависит как от расположения источников подсветки, так и от размещения самих облаков. Суммарный эффект, дополненный эффектом конусообразной диаграммы направленности, приводит к тому, что вблизи Солнца наблюдается больше линий поглощения, чем на далеких расстояниях. Результат этого эффекта проявляется в представленной на рис. 3 гистограмме распределения поглощающих деталей по гелиоцентрическим расстояниям (сплошная гистограмма). С хорошей точностью это распределение описывается как r^{-1} . Для случая равномерного распределения облаков в области такого же размера их распределение по гелиоцентрическим расстояниям будет иметь вид, представленный на рис. 3 плавной линией. Отметим, что при моделировании кольцевого распределения облаков относительно галактического центра их распределение по гелиоцентрическим расстояниям за счет от-

сутствия облаков внутри кольца незначительно отличается от равномерного, приведенного на рис. 3.

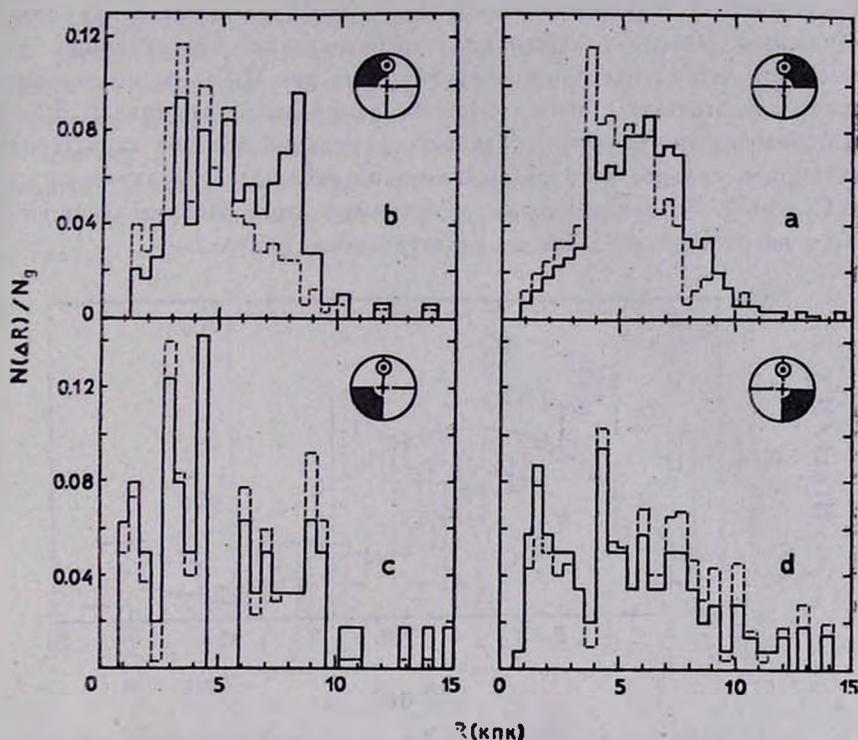


Рис. 2. Радиальные распределения облаков гидроксила в четырех галактоцентрических квадрантах. Соответствующие квадранты зачернены: (а)1, (b)2, (с)3, (d)4. Сплошные гистограммы — исходные распределения поглощающих деталей облаков, штриховые — полученные с учетом распределения поглощающих деталей по гелиоцентрическим расстояниям. ⊙ — Солнце, + — центр Галактики.

Сопоставление этих двух распределений показывает, что для перехода от наблюдаемого распределения поглощающих деталей облаков к распределению самих облаков каждой выделенной детали следует приписать коэффициент, пропорциональный его гелиоцентрическому расстоянию r . В качестве такого коэффициента была принята величина r/R_0 , где R_0 — расстояние Солнца от центра Галактики. В этом случае нормировка исправленного распределения проводилась по сумме этих коэффициентов. Как видно из представленного на рис. 3 нового распределения по гелиоцентрическим расстояниям (штриховая гистограмма), оно приблизилось к ожидаемому распределению, что свидетельствует о хорошем выборе поправочного коэффициента.

Рассмотрим полученные таким же путем распределения по галактоцентрическим расстояниям, которые представлены на рис. 2 штриховыми линиями. Первый галактоцентрический квадрант содержит наибольшую выборку, поэтому распределение облаков в этой части Галактики должно наилучшим образом соответствовать распределению молекулярных облаков в галактической плоскости. Как видно из рис. 2, здесь молекулярные облака сосредоточены главным образом в интервале расстояний 3.5—7.5 кпк (штриховая гистограмма). Такая концентрация облаков характеризует молекулярное кольцо, которое выявлено по наблюдению излучения молекулы CO [10]. В данном квадранте максимум этого распределения располагается на расстоянии 5 кпк от галактического центра.

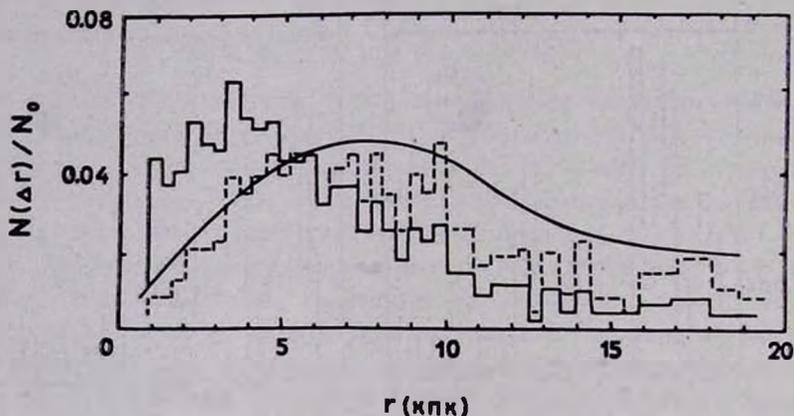


Рис. 3. Распределение облаков гидроксила по гелиоцентрическим расстояниям. Сплошная гистограмма — распределение поглощающих деталей облаков, которые приведены на рис. 1, штриховая — распределение с учетом коэффициентов r/R_0 . Плавная кривая — распределение для равномерно расположенных облаков в области такого же размера.

Во втором галактоцентрическом квадранте располагается вторая по величине выборка. Вследствие того, что здесь наблюдением охвачен только узкий сектор галактических долгот шириной 21° (см. рис. 1), распределение поглощающих деталей по гелиоцентрическим расстояниям в этом квадранте показывает, что реальному распределению облаков в этой области лучше соответствует исходная (сплошная) гистограмма. Распределение облаков в этом квадранте также показывает молекулярное кольцо, причем его ширина больше, чем в первом галактоцентрическом квадранте.

В третьем и четвертом галактоцентрических квадрантах располагаются меньшие выборки. Это обусловлено как тем, что часть источников подсветки осталась впереди, так и тем, что на данных гелиоцентрических расстояниях в формировании линий поглощения участвуют целые облачные

комплексы. Поэтому можно считать, что данные гистограммы показывают радиальное распределение облачных комплексов. Как видно из рис. 2, в зацентральной части Галактики молекулярные облака показывают более широкое радиальное распределение, чем в солнечной половине галактического диска. Такое различие может быть вызвано уменьшением точности определения расстояний на большом удалении от Солнца, где калибровка зависимости $D(r)$ менее надежна.

Сравним результаты радиального распределения облаков OH с радиальным распределением излучения других межзвездных молекул. На рис. 4 приводятся гистограммы суммарных распределений в двух половинах галактического диска, которые включают в себя первый и четвертый,

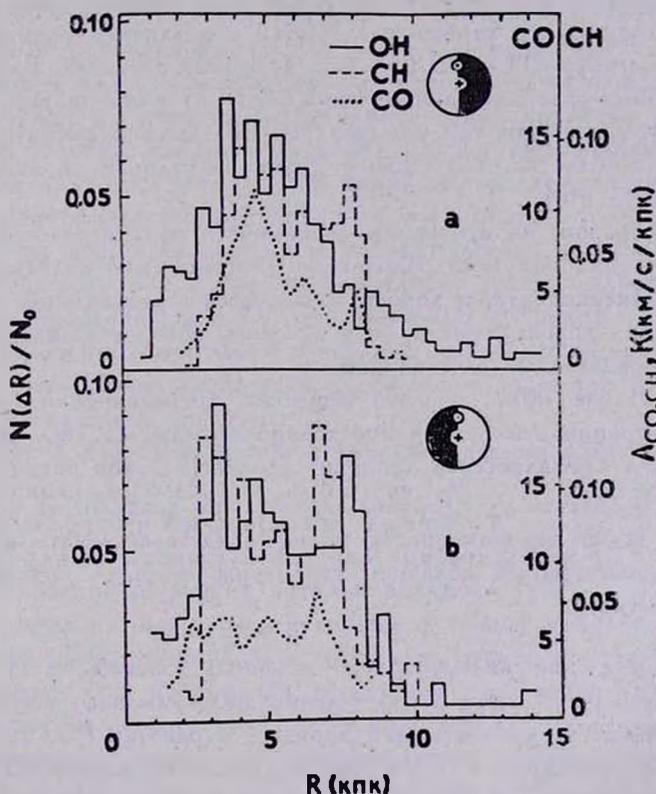


Рис. 4. Радиальные распределения облаков OH (данная работа), CH [12], CO [9] в I (a) и IV (b) галактических четвертях. ☉ — Солнце, + — центр Галактики.

второй и третий галактоцентрические квадранты. Так как основная доля исследуемых облаков сосредоточена в интервале галактических долгот от -23° до $+90^\circ$, то эти суммарные области практически соответствуют

обычным I и IV галактическим четвертям. В распределении облаков в I четверти (рис. 4а) учтена поправка на эффект уменьшения количества поглощающих деталей с ростом гелиоцентрического расстояния. Для IV четверти (рис. 4б) эта поправка не вводилась, т. к. наблюдение облаков ОН в этой области охватывает только узкий сектор (см. рис. 1), вследствие чего распределение здесь поглощающих деталей по гелиоцентрическим расстояниям близко к распределению равномерно расположенных облаков. Для сравнения на этом рисунке приводятся радиальные распределения излучения молекул СН [12] и СО [9].

На гистограммах суммарных распределений хорошо заметна концентрация молекулярных облаков ОН в молекулярное кольцо, занимающее область от 3 до 7 кпк. При этом ширина этого кольца в IV галактической четверти превосходит соответствующий параметр распределения в I галактической четверти, что хорошо согласуется с различием радиальных распределений молекул СН и СО (см. рис. 4) в этих областях. Близкое сходство радиальных распределений молекул ОН, СН и СО должно свидетельствовать о том, что эти три межзвездные молекулы существуют в одних галактических областях, что также следует из условий образования указанных молекул [16].

Таким образом, на основании зависимости параметров линий поглощения гидроксила получено радиальное распределение молекулярного вещества в Галактике, которое хорошо согласуется с радиальным распределением излучения других межзвездных молекул, которое основано на кинематически определенных расстояниях.

Распределение молекулярного вещества, приведенное на рис. 2, помимо концентрации в молекулярное кольцо показывает еще одну особенность, которая проявляется в наличии отдельных пиков радиального распределения. В области $R \lesssim R_0$ наблюдается, как правило, по четыре пика. Проявление такой закономерности может свидетельствовать о существовании крупномасштабной облачной структуры, которая рассматривается в следующей главе.

4. *Распределение молекулярных облачных комплексов.* В настоящее время вопрос о регулярном распределении молекулярного вещества в Галактике является дискуссионным. Например, в работах [17, 18] наблюдения излучения молекулы СО интерпретируются ее равномерным распределением в галактической плоскости, а в исследованиях [19, 20] приводятся доказательства того, что излучение этой межзвездной молекулы является хорошим индикатором спиральных рукавов. В работе [5] по массивным молекулярным комплексам прослежено два спиральных рукава. Сходство радиальных распределений молекул ОН и СО, а также их кинематики [15] позволяет ожидать, что наблюдаемая в излучении молекулы СО ре-

гулярная структура может быть выявлена по распределению поглощения, наблюдаемого в линиях молекулы OH.

Выделим из поглощающих деталей, изображенных на рис. 1, такие, которые должны принадлежать крупным облачным комплексам. С этой целью для каждой поглощающей детали зададим локальную окрестность в виде ячейки размером $\Delta R \times \Delta \theta$, где R — галактоцентрическое расстояние, θ — галактоцентрический угол. В этой окрестности определим количество ближайших соседей, разность круговых скоростей которых и средней скорости вращения на данном расстоянии не превосходит величину ΔV .

Размер ячеек выбирался исходя из размеров крупных облачных комплексов и дисперсии расстояний, определяемых по зависимости $D(r)$. Для учета наблюдаемого уменьшения количества облаков с ростом гелиоцентрического расстояния r для величин ΔR и $\Delta \theta$ был принят следующий закон изменения с расстоянием r : $\Delta R = \Delta R_0 (1 + r/R_0)$, $\Delta \theta = \Delta \theta_0 (1 + r/R_0)$, где величины ΔR_0 и $\Delta \theta_0$ относятся к окрестностям Солнца. Для устранения разрыва на центральных галактических долготях для величины $\Delta \theta$ в этой области вводился дополнительный коэффициент $(1 + r/R_0)$. Для числа соседних облаков n принималась следующая зависимость от гелиоцентрического расстояния: $n = n_0 \cdot (R_0/r)^{3.2} \cdot \cos^2 l/2 - 0.5 \cdot (R_0/r)^3$. Величина n_0 относится к области галактического центра.

Величины n_0 , ΔR_0 и $\Delta \theta_0$ определялись путем подбора и варьировались в пределах $n_0 = 7 + 15$, $\Delta R_0 = 0.3 + 0.6$ кпк, $\Delta \theta_0 = 5^\circ + 12^\circ$. Анализ полученных результатов показал, что характерная картина выделяемых таким путем комплексов слабо изменяется при изменении этих величин в указанных пределах.

На рис. 5 приведено распределение выделенных облачных комплексов при значениях $n_0 = 15$, $\Delta R_0 = 0.3$ кпк, $\Delta \theta_0 = 8^\circ$. При этом разность круговых скоростей была принята равной $\Delta V = \Delta V_0 (1 + r/R_0)$. Величина ΔV_0 для окрестностей Солнца принята 25 км/с. Таким путем из массива 1138 поглощающих деталей осталось 490.

Как видно из рис. 5, молекулярные облачные комплексы распределены в Галактике неравномерно, показывая отдельные сгущения, которые прослеживаются на протяжении нескольких килопарсек. Для выявления закономерностей распределения этих комплексов рассмотрим их расположение совместно с радиальным распределением, полученным в 3 разделе.

5. Крупномасштабная структура. По аналогии с другими спиральными галактиками нашей Галактике приписывают развитую спиральную структуру. Модели большинства спиральных галактик описываются логарифмической спиралью, уравнение которой в полярных координатах имеет вид: $R = R_s \cdot \exp(\mu \cdot \theta)$, где R_s — параметр, μ — угол закрутки, θ — полярный угол.

Нанесем положения выделенных 490 облачных комплексов на диаграмму ($\ln R, \theta$). На такой диаграмме логарифмические спирали имеют вид прямых линий. Данные представлены на рис. 6, где также штриховыми линиями нанесены положения максимумов радиальных распределений на соответствующих галактоцентрических углах. Для трех галактоцентрических квадрантов, кроме второго, учтены исправленные радиальные распределения.

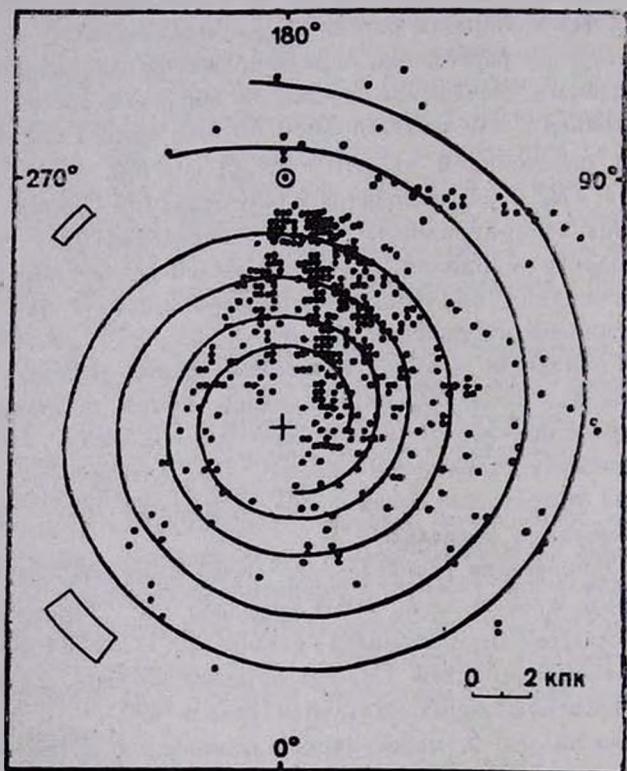


Рис. 5. Распределение 490 облачных комплексов в галактической плоскости. Сплошные линии — двухрукавная спираль с углами закрутки 5.04 и 6.03 . ☉ — Солнце, + — центр Галактики.

Из рис. 6 видно, что сгущения облачных комплексов и положения максимумов радиальных распределений показывают вытянутость вдоль галактоцентрического угла с некоторым наклоном к оси абсцисс. Эта закономерность хорошо описывается системой двух прямых линий, которые проходят вдоль наблюдаемых сгущений. Положение этих прямых определено методом наименьших квадратов. Таким путем получены параметры

двух логарифмических спиралей: $R_1^1 = 1.4$ кпк и $R_2^2 = 2.0$ кпк, $\mu^1 = 6^{\circ}3$ и $\mu^2 = 5^{\circ}4$. Эти спирали изображены в логарифмических координатах на рис. 6 и в полярных на рис. 5. Отметим, что при варьировании величин n_0 , ΔR_0 и $\Delta \theta_0$ в указанных пределах параметры спиралей не выходили за пределы изменений $\Delta R_s = 0.2$ кпк и $\Delta \mu = 0^{\circ}2$.

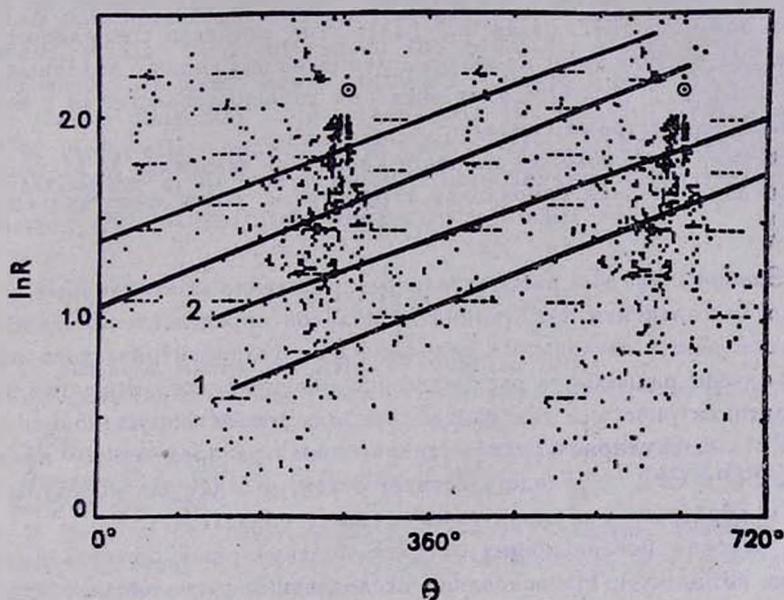


Рис. 6. Расположение облачных комплексов в координатах $(\ln R, \theta)$. Угол θ отсчитывается против часовой стрелки от отрицательной оси абсцисс на рис. 5. Горизонтальные штриховые линии — положения максимумов радиальных распределений облаков из рис. 2. Сплошные прямые линии — отрезки спиралей с параметрами $R_1^1 = 1.4$ кпк и $R_2^2 = 2.0$ кпк, $\mu^1 = 6^{\circ}3$ и $\mu^2 = 5^{\circ}4$. \odot — положение Солнца.

Выделенные облачные комплексы на рис. 5 хорошо располагаются вдоль изображенных спиралей, в особенности на далеких от Солнца расстояниях, где наблюдаются исходные комплексы, представленные на рис. 1. Среди полученных спиральных рукавов можно указать известные рукава, выявленные по другим галактическим системам. Так, внутренняя спираль (первая на рис. 6) описывает рукава Щита-Центавра и Местный рукав, внешняя спираль (вторая на рис. 6) описывает 3-кпк рукав и рукав Наугольника, рукава Стрельца-Киля и рукав Персея. Примечательно, что рукав Щита-Центавра показывает продолжение во внутреннюю область Галактики и располагается здесь между галактическим центром и 3-кпк рукавом. Отметим также, что выявленная регулярная структура показывает

непрерывные спиральные рукава на центральных галактических долготях — в областях Галактики, которые наименее всего изучены вследствие неприменимости здесь кинематических методов определения расстояний.

Выявленная крупномасштабная структура системы молекулярных облаков в виде двухрукавной логарифмической спирали близка к модели двухрукавной спиральной структуры, которая предлагалась в работах [1, 21, 22]. В частности, угол закрутки спиралей, полученный по распределению областей Н II, равен 6.3° [21]. Угол закрутки спирального рукава Стрельца, выявленного из распределения молекулярных облачных комплексов, равен 5.3° [5]. Оба этих значения хорошо согласуются с полученными нами параметрами спиралей.

Отметим, что в похожей на нашу Галактику галактике М 31 также выявляется двухрукавная спиральная структура с углом закрутки спиралей 7° [23].

6. *Заключение.* Мы рассмотрели распределение молекулярных облаков в плоскости Галактики. Расстояния до облаков определены по зависимости параметров линий поглощения гидроксила от гелиоцентрического расстояния. Получено радиальное распределение молекулярного вещества в четырех галактоцентрических квадрантах, которое демонстрирует концентрацию вещества в молекулярное кольцо, аналогичное распределению излучения молекул СО и СН, что свидетельствует о том, что данные молекулы существуют и образуются в одних галактических областях.

Из массива поглощающих деталей молекулярных облаков выявлены облачные комплексы. На основании исследования расположения этих комплексов и положения максимумов радиальных распределений поглощающих облаков показано, что система молекулярных облаков может быть описана двухрукавной спиралью с углами закрутки 5.4° и 6.3° . Такая спиральная структура описывает известные спиральные ветви, выявленные по излучению нейтрального водорода и областей Н II.

Подчеркнем, что полученные в работе результаты, которые хорошо согласуются с независимыми данными, полученными по другим межзвездным молекулам, являются еще одним примером использования зависимости $D(r)$ для исследования крупномасштабной структуры Галактики.

Автор выражает благодарность И. Г. Колеснику за постоянное внимание к работе и полезные обсуждения и Н. Г. Гусеву за критические замечания.

Главная астрономическая обсерватория
АН УССР

DISTRIBUTION OF HYDROXYL CLOUDS IN THE GALAXY

L. V. YUREVICH

Distribution of the molecular clouds in the Galaxy is investigated on the basis of survey of the Galactic plane in hydroxyl lines at 1665 and 1667 MHz. The cloud distances are due to a relationship $D(r)$ between parameters of hydroxyl absorption feature and heliocentric distances. Radial distributions of the molecular clouds in four galactocentric quadrants have been obtained. Concentration of the hydroxyl clouds into a molecular ring agree with the radial distribution of CO and CH interstellar molecules in the Galaxy. It has been shown that the distribution of hydroxyl cloud complexes can be represented by a two-armed spiral with pitch angles of 6.3 and 5.4.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. C. Simonson, *Astron. and Astrophys.*, 46, 262, 1976.
2. H. S. Liszt, *The Milky Way Galaxy*, IAU Symp. No. 106, Eds. H. van Woerden et al., D. Reidel Publ. Comp., 1985, p. 283.
3. Y. M. Georgelin, Y. P. Georgelin, *Astron. and Astrophys.*, 49, 57, 1976.
4. D. Downes, T. L. Wilson, J. Bieging, J. Wink, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 40, 379, 1980.
5. T. M. Dame, B. G. Elmegreen, R. S. Cohen, P. Thaddeus, *The Milky Way Galaxy*, IAU Symp. No. 106, Eds. H. van Woerden et al., D. Reidel Publ. Comp., 1985, p. 303.
6. D. M. Elmegreen, *The Milky Way Galaxy*, IAU Symp. No. 106, Eds. H. van Woerden et al., D. Reidel Publ. Comp., 1985, p. 255.
7. B. J. Robinson, W. H. McCutcheon, R. H. Manchester, J. B. Whiteoak, *Surveys of the Southern Galaxy*, Eds. W. B. Furton, F. P. Israel, D. Reidel Publ. Comp., 1983, p. 1.
8. B. E. Turner, *Kinematics, Dynamics and Structure of the Milky Way*, Proc. of a Workshop, Ed. W. L. Shuter, D. Reidel Publ. Comp., 1983, 171.
9. R. S. Cohen, P. Thaddeus, L. Bronfman, *The Milky Way Galaxy*, IAU Symp. No. 106, Eds. H. van Woerden et al., D. Reidel Publ. Comp., 1985, p. 199.
10. N. Z. Scoville, P. M. Solomon, *Astrophys. J.*, 199, L. 105, 1975.
11. R. W. Few, A. Pedlar, *Giant Molecular Clouds in the Galaxy*, Eds. P. M. Solomon, M. G. Edmunds, Pergamon Press, 1977, p. 75.
12. L. E. B. Johansson, *The Milky Way Galaxy*, IAU Symp. No. 106, Eds. H. van Woerden et al., D. Reidel Publ. Comp., 1985, p. 211.
13. B. E. Turner, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 37, 1, 1979.
14. И. Г. Колесник, Л. В. Юревич, *Астрофизика*, 19, 761, 1983.
15. И. Г. Колесник, Л. В. Юревич, *Астрофизика*, 22, 461, 1985.
16. А. Н. Аршуткин, *Астрофизика*, 22, 163, 1985.

17. *W. B. Burton, M. A. Gordon*, *Astron. and Astrophys.*, 63, 7, 1978.
18. *P. M. Solomon, D. B. Sanders*, *Giant Molecular Clouds in the Galaxy*, Eds. P. M. Solomon, M. G. Edmunds, Pergamon Press, 1977, p. 41.
19. *R. S. Cohen, H. Cong, T. M. Dame, P. Thaddeus*, *Astrophys. J.*, 239, L. 5, 1980.
20. *T. Sawa, T. Kurita, A. Sobue*, *Astrophys. Space Sci.*, 92, 181, 1983.
21. *F. J. Lockman*, *Astrophys. J.*, 232, 761, 1979.
22. *И. В. Петровская*, *Вестн. ЛГУ, сер. I, вып. 1*, 126, 1986.
23. *А. С. Шаров*, *Туманность Андромеды*, Наука, М., 1978.