

рода за единицу времени на все уровни, выше первого, во всем объеме туманности:

$$\frac{4\pi}{3} R_{\text{НИ}}^3 \sum_{i=2}^{\infty} \alpha_i n_e n_p = N_{Ly_c}. \quad (4.13)$$

Здесь α_i — коэффициент спонтанной радиационной рекомбинации на i -й уровень, $n_e \approx n_p$ — концентрация электронов и протонов, соответственно. Рекомбинация на первый (основной) уровень приводит к испусканию нового Лайман-кванта с $\lambda < 912 \text{ \AA}$, который поглощается внутри туманности, вызывая ионизацию другого атома водорода, т. е. не изменяет число ионизованных атомов по туманности в целом. Она должна быть исключена из баланса, поэтому суммирование начинается с $i = 2$.

Сделаем численную оценку. Число Ly_c квантов, испускаемых звездой с радиусом R_* за единицу времени,

$$N_{Ly_c} = 4\pi R_*^2 \int_{3.3 \cdot 10^{15}}^{\infty} \pi B_\nu \frac{d\nu}{h\nu},$$

где πB_ν — поток излучения с единичной площади поверхности звезды. Тогда для $T_* = 3 \text{ эВ}$ ($\sim 35000 \text{ К}$) и $R_* \simeq 10^{11} \text{ см}$ получаем в виновском приближении:

$$N_{Ly_c} \simeq 16\pi^2 \left(\frac{R_*}{c}\right)^2 \left(\frac{kT_*}{h\nu_c}\right)^3 \nu_c^3 e^{-\frac{h\nu_c}{kT_*}} \sim 3 \cdot 10^{42} \text{ кв./с.}$$

При характерных температурах областей НИ коэффициент $\alpha_i = \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i \simeq 4 \cdot 10^{-13} (\text{см}^3/\text{с}) / \sqrt{T/10^4}$, $\alpha_1 \simeq 1.55 \cdot 10^{-13} (\text{см}^3/\text{с}) / \sqrt{T/10^4}$, и при $n_e \sim n_p \sim 1 \text{ см}^{-3}$ получаем из (4.13) $R_{\text{НИ}} \simeq 1.5 \cdot 10^{18} \text{ см}$. С ростом температуры центральной звезды радиус стационарной зоны НИ очень резко возрастает.

Кванты с длиной волны $\lambda < 504 \text{ \AA}$ способны ионизовывать гелий, так что вокруг самых горячих звезд наблюдаются зоны HeII.

4.7. Горячий, или «корональный» газ

Как видно из Табл. 4.1, наиболее горячий — корональный — газ занимает существенную долю объема пространства. Картина его распределения в диске Галактики очень сложна и должна сравнительно быстро меняться (за десятки миллионов лет). Горячий газ за-

полняет гигантские полости, образуя своего рода пузыри. Они медленно меняют форму и размеры, сливаются или соединяются туннелями («коридорами»), сжимают окружающий более холодный газ. Плотность газа в пузырях крайне мала, поэтому объемы, заполняемые газом, можно рассматривать как пустоты в более плотной среде, но при этом высокая температура газа поддерживает внутреннее давление на уровне, примерно равном внешнему. Наиболее крупные образования принято называть «сверхпузырями» («superbubbles»). Их размер составляет несколько сотен парсек. Под действием архимедовой силы легкие «пузыри» могут подниматься высоко над плоскостью Галактики. Если бы Галактика имела значительно меньшую массу, горячий газ мог бы покидать ее навсегда (что наблюдается в некоторых карликовых галактиках с интенсивным звездообразованием).

Горячий газ представляет собой высокоионизованную плазму с температурой до миллиона градусов, практически не содержащую нейтральных атомов. Эта плазма, распространяясь в пространстве, обтекает со всех сторон холодные газовые облака, которые, таким образом, оказываются внутри «пузырей», и медленно испаряются под действием горячего окружения, либо сжимаются внешним давлением. Газ с промежуточной температурой между межоблачным газом ($\lesssim 10^4$ K) и корональным газом ($\gtrsim 10^5$ K) практически отсутствует. Это объясняется тем, что из-за очень эффективного охлаждения при температурах, превышающих $2 \cdot 10^4$ K (см. рис. 4.3) газ может сохранять высокую температуру достаточно долго только при очень низкой плотности. Но рано или поздно разреженный газ также остывает и сжимается, переходя в фазу межоблачного газа.

Большие пузыри горячего газа образуются в результате резкого нагрева газа и последующего расширения при множественных вспышках сверхновых в молодых звездных комплексах или в результате звездного ветра — мощного истечения газа, сбрасываемого большим числом молодых массивных звезд. Наблюдают горячий газ в мягком рентгеновском диапазоне (сотни эВ), где механизмом излучения газа являются свободно-свободные переходы, и в УФ линиях высокоионизованных элементов, например, OVI. Солнечная система находится вблизи границы одного из горячих пузырей, источником которого предположительно является активность звезд в молодом звездном комплексе в созвездиях Скорпиона и Центавра на расстоянии нескольких сотен парсек от нас.