АСТРОФИЗИКА

ТОМ 41 НОЯБРЬ, 1998 ВЫПУСК 4

УДК: 524.354-823

КРАСНЫЙ ГИГАНТ СО СТРАННОЙ ЗВЕЗДОЙ В КАЧЕСТВЕ ЯДРА. ОСНОВНЫЕ СХОДСТВА И ОТЛИЧИЯ ОТ ОБЪЕКТОВ ТОРНА-ЖИТКОВА

Г.С.АДЖЯН, Ю.Л.ВАРТАНЯН, А.К.ГРИГОРЯН

Поступила 6 мая 1998
Принята к печати 10 августа 1998

Построена модель красного гиганта с массой $5M_\odot$, светимостью $41740L_\odot$ и радиусом $960R_\odot$ со странной кварковой звездой в качестве ядра и проведено сравнение с объектом Торна-Житкова, имеющим аналогичные интегральные параметры. Различие внутренней структуры проявляется непосредственно у плотной сердцевины: вещество над сердцевиной удерживается только за счет γ-излучения от странной звезды, конвекция не прекращается вплоть до странной звезды. Время жизни красного гиганта со странной звездой оказывается почти в 500 раз короче, чем у объекта Торна-Житкова - порядка 10^5 лет.

1. *Введение.* Вопросам наблюдательных проявлений нейтронных звезд (далее НЗ) посвящено достаточно много работ. Однако почти во всех работах, пожалуй, за исключением [1-3], НЗ рассматриваются без окружения толстым слоем обычного невырожденного звездного вещества. В [4] сделана попытка построения модели нейтронной звезды с протяженной невырожденной оболочкой. Однако даже при очень высоких светимостях, масса конвективной оболочки оказывалась ничтожной по сравнению с массой звезды. Торном и Житковым [2] была построена модель красного гиганта (далее КГ), внутри которого вместо белого карлика предполагалась НЗ. Объекты Торна-Житкова (далее ОТЖ) внешне не отличались от обычных КГ.

Модель Торна-Житкова базировалась на трех допущениях, с помощью которых были построены ОТЖ с различными интегральными параметрами. Следуя Бисноватому-Когану и Ламзину [3], вкратце изложим эти три основные предположения, так как для дальнейшего изложения настоящей работы, где сохранены основные обозначения работы [2], они важны.

Предполагалось:

а) Звезда имеет протяженную разряженную оболочку (10^4км $\approx r_{om} \le r \le R \approx 10^3 R_\odot$), где содержится основная масса звезды и отсутствуют источники энергии ($L(r) = \text{const}$).

б) Область $0 \le r \le R_c \approx 10$км - холодная НЗ, причем значение

радиуса, соответствующее плотности вещества $\rho = 2\cdot10^8$ г/см^3, считается внутренней границей модели

$$M(R_c) = 1M_\odot,\quad \rho(R_c) = 2\cdot10^8\ \text{г/см}^3,\quad L(R_c) = 0. \qquad (1)$$

Как и в [3], условно считаем НЗ холодной, если ее температура $T < 10^9$ K, при которой можно пренебречь нейтринными потерями энергии.

в) Между вышеуказанными областями находится переходная зона- $R_c \le r \le r_{am}$, через которую вещество из резервуара-оболочки медленно квазистационарно оседает на поверхность НЗ. Около поверхности НЗ происходит выделение гравитационной и ядерной энергий.

Эти предположения, в частности, позволили самосогласованно построить модель КГ с массой $M = 5M_\odot$, светимостью $L = 41750L_\odot$ и радиусом $R = 961R_\odot$, в центре которого находится НЗ с $M_{NS} = 1M_\odot$ и температурой $T < 10^9$ K. Для такой звезды нейтринные потери энергии оказываются малыми по сравнению со светимостью, чем и была обусловлена малая скорость оседания вещества на НЗ, равная $1.72\cdot10^{-8}$ $M_\odot$/год. В случае больших нейтринных потерь скорость оседания была бы гораздо выше, что привело бы к меньшему времени жизни данного объекта.

Бисноватый-Коган и Ламзин [3] произвели критический анализ допущений модели Торна-Житкова и определили чувствительность параметров модели от них. Показано, что при отказе от допущений (а) и (в), при неизменном условии (б), основные свойства модели не меняются. Однако при сохранении допущений (а) и (в), изменение условия (б) сильно меняет ситуацию. В [3] показано, что при увеличении $\rho\,(R_{NS})$ до $7\cdot10^9$ г/см^3 построение модели с холодной НЗ оказывается невозможным. Последнее обстоятельство сильно увеличивает нейтринные потери энергии, приводя к сокращению времени жизни ОТЖ от 10^8 до 100 лет.

В последнее время теоретически было показано, что при некоторых обстоятельствах в природе может осуществляться второе связанное состояние ядерной материи, вследствие чего могут существовать сверхплотные небесные тела с резкими границами, удерживающиеся сильным взаимодействием. В частности, состоящая из u, d, s - кварков и электронов или позитронов странная кварковая материя (далее СКМ) предполагается абсолютно стабильным состоянием холодного сверхплотного вещества и может образовывать самоудерживающиеся, связанные состояния в виде так называемых "странных звезд" [6,7].

Отметим, что в НЗ суммарный положительный электрический заряд барионов нейтрализуется отрицательным зарядом электронов и μ^--мезонов. Кварковая же материя, в зависимости от численных значений параметров модели, может иметь как положительный, так и отрица-

тельный избыточный электрический заряд. Поэтому в первом случае электронейтральность обеспечивается, как и в НЗ, электронами, а во втором - позитронами.

Основные свойства странных звезд (далее СЗ) рассматривались в [7,8]. Возможность существования сколь угодно малых масс, скачкообразное падение плотности на поверхности от сверхъядерных значений до нуля и весьма слабое увеличение плотности к центру являются характерными особенностями СЗ, сближающими их с пионными звездами, предложенными в [9] и детально исследованными в [10]. Обычное вещество и даже вещество НЗ не может находиться в термодинамически равновесном состоянии с веществом СЗ.

Если реализуется такой вариант СКМ, когда избыточный электрический заряд кварков нейтрализуется позитронами (вариант ПН), то при соприкосновении с поверхностью СЗ обычное вещество неизбежно "проглотится" ею и перейдет во второе ядерносвязанное состояние с освобождением огромной энергии. В случае электронейтрализации электронами (вариант ЭН) у свободной поверхности СКМ из-за частичного вылета последних образуется электростатический барьер, который препятствует переходу обычного вещества вовнутрь. Вероятность тунельного перехода атомных ядер настолько мала, что обе фазы могут сосуществовать практически бесконечно долгое время [7]. В этом варианте могут существовать слоистые сверхплотные небесные тела: в центре - СЗ, а снаружи - обычное вырожденное вещество *Ae*-фазы ($\rho \le 4.3 \cdot 10^{11}$ г/см$^3 = \rho_{drip}$- плотность вылета нейтронов из ядер). *Aen*-фаза исключается из-за беспрепятственного перехода свободных нейтронов в СКМ.

Целью настоящей работы является построение модели, аналогичной ОТЖ, с $M = 5M_\odot$, $L \approx 42000L_\odot$ и $R \approx 10^3 R_\odot$, внутри которой вместо НЗ находится СЗ с четко выраженной поверхностью, и выявление их сходств и различий.

В случае ЭН будем иметь почти тот же ОТЖ, лишь с тем различием, что при оседании вещества над СЗ происходит непрерывное сжатие и вылет нейтронов из ядер, и как было сказано выше, у поверхности СЗ образуется дополнительный источник энергии.

При реализации варианта ПН с первого взгляда кажется, что СЗ "ненасытно проглотит" все окружающее вещество [9] и катастрофически подойдет к коллапсу. При соприкосновении обычного вещества с СКМ прямо над поверхностью СЗ произойдет аннигиляция электронов нормального вещества с позитронами. Температура поднимется настолько высоко, что прямо на поверхности начнется горение водорода и, возможно, поток лучистой энергии сможет создать такое давление на падающие слои обычного вещества, что установится динамическое

равновесие. Надповерхностные к СЗ слои будут удерживаться лучистым давлением, как капля воды долго держится на раскаленной вогнутой поверхности за счет давления и теплоизоляции испаряющейся жидкости. Из условия равновесия сил гравитационного притяжения и лучистого давления следует, что поток лучистой энергии L_{rad} у поверхности СЗ должен быть критическим. Отметим, что хотя за счет перехода обычных ядер в СКМ освобождается гораздо больше энергии, чем при горении водорода и гелия и аннигиляции электронов, однако эта энергия не переходит в лучистый поток от поверхности СЗ из-за очень большого значения плазменной частоты ω_p в СКМ ($\omega_p \approx 20$МэВ) [7].

В данной работе построение модели красного гиганта со странной звездой основывается на допущениях (а) и (в), а допущение (б) меняется на (г):

г) При $r = R_{SS}$ и $M(r) = M_{SS}$ с учетом основной поправки ОТО должно удовлетворяться равенство

$$L_{rad}(r) = L_{SS} = 4\pi G M_{SS}\, c\, \Re_{SS}/\chi, \qquad (2)$$

где M_{SS} и R_{SS} - масса и радиус СЗ, L_{SS}, χ и $\Re_{SS}$ - лучистый поток энергии, непрозрачность вещества и фактор красного смещения над СЗ, соответственно. В дальнейшем индексом SS будут обозначены соответствующие физические величины у поверхности СЗ. Скорость втекания вещества $\dot{M}$ будет максимально возможной при условии, что поток энергии L_{SS} обусловлен только аннигиляцией электрон-позитронных пар (далее e^-e^+-пары). В единицу времени за счет этого процесса выделяется энергия в количестве

$$L_{pair} = 2\dot{M}c^2 \frac{m_e}{m_p}\frac{1}{\mu_e},$$

где μ_e - число электронов на один барион, m_e и m_p - массы электрона и протона. Половина этой энергии излучается от СЗ, а другая половина отражается от СЗ из-за большого значения плазменной частоты СКМ.

Здесь сознательно обходится вопрос о том, образовался ли такой объект как одно целое из массивной звезды, или при встрече голой странной звезды с межзвездным облаком [1], или в двойной системе вследствие "захвата" вещества голой странной звездой у своего массивного компаньона [11].

2. *Основные уравнения и метод численного расчета.* Основные дифференциальные уравнения, описывающие структуру ОТЖ с учетом эффектов ОТО, подробно изложены в работах [2, 3, 5] и поэтому в нашей работе не приводятся. Нахождение конвективного градиента температуры осуществляется согласно теории длины пути перемешивания по схеме, предложенной в [12], с учетом эффектов ОТО [5].

Уравнение состояния невырожденного вещества определяется для химического состава $X=0.7$, $Y=0.27$. Во внешних слоях, где температура достаточно низка, учитывается наличие молекул H_2, атомов и ионов водорода и гелия. С этой целью к основным уравнениям добавлены уравнения Саха, законы сохранения заряда и ядер. Учет вклада молекул H_2 во внутреннюю энергию осуществляется согласно [12]. Вклад e^-e^+-пар учитывается по схеме [2].

В настоящей работе авторами для непрозрачности вещества взяты данные табл.1 из работы [12], где учтен вклад молекул H_2O и формулы для области высоких температур [13], которые использовались в работе [2]. Подобный выбор обусловлен необходимостью сравнения результатов расчета с результатами работы [2]. В дальнейших, более детальных исследованиях авторы будут использовать новые таблицы для непрозрачности вещества, любезно предоставленные Бисноватым-Коганом.

Легко показать (это видно и из данных [2]), что доля излучения нейтрино от внешних слоев звезды ничтожно мала, поэтому их вклад в балансе энергии не учитывается.

На внешней поверхности красного гиганта с СЗ, где температура равна эффективной температуре, граничные условия имеют вид

$$r = R = 960\,R_\odot,\ m(r) = M = 4.94\,M_\odot,\ L_r = L = 41740\,L_\odot$$
$$T_R = \left(L/4\pi^2 R^2 \sigma\right)^{1/4},\quad \chi(T_R,\rho_R) = 2GM/3R^2P_R. \tag{3}$$

Радиус $r_{кп}$ области, откуда начинается медленное истекание вещества на СЗ, как и в работе [2], находим из условия

$$\frac{U}{c^2}+\frac{P}{\rho c^2}+\frac{Gm(r_{om})}{c^2 r_{om}} = 3\cdot 10^{-4}, \tag{4}$$

где U - внутренняя энергия на единицу массы вещества, P - давление, ρ - плотность, m - накопленная масса, c - скорость света. На поверхности СЗ должно удовлетворяться допущение (г).

Энерговыделение в СЗ обусловлено переходом обычного вещества во второе связанное состояние. Если обозначить через f_{Ne}, f и f_{sqm} энергии связи нуклонов в ядре гелия, в тяжелых ядрах и в СКМ, то в верхних слоях СЗ при скорости втекания вещества $\dot{M}$ в единицу времени освободится энергия в количестве

$$\frac{\mathfrak{N}_{SS}\dot{M}}{m_p}\left(f_{sqm}-Y_{SS}f_{Ne}-Z_{SS}f\right)+\frac{\mathfrak{N}_{SS}\dot{M}v_c^2}{2}, \tag{5}$$

где v_c - скорость вещества до "удара" о поверхность СЗ. Численные расчеты показывают, что в (5) вторым слагаемым можно пренебречь.

При переходе вещества в состояние СКМ часть выделенной энергии безвозвратно теряется по каналам прямого и косвенного рождения нейтрино, а остальная часть покинет СЗ в виде γ - излучения. Этим γ-

излучением мы пренебрегаем, хотя его учет в свою очередь понизил бы максимальную скорость втекания массы $\dot{M}$. Температура СЗ и нейтринное излучение определяются исключительно величиной $\dot{M}$. У ОТЖ повышение температуры НЗ при сдвигании границы между НЗ и переходной зоной в область больших плотностей приводит к сильному увеличению нейтринных потерь и невыполнению граничного условия $L(R_{NS}) = 0$ [3]. В рассматриваемой модели не может возникнуть подобная ситуация, так как процессы в самой СЗ никак не влияют на поведение звезды в целом, лишь могут уменьшить $\dot{M}$.

Численное интегрирование основных уравнений в настоящей работе производилось методом Рунге-Кутта восьмого порядка, предложенным Дорманом и Принсом [14]. На каждом этапе вычислений для данных значений температуры T и плотности ρ, значение логарифма непрозрачности из табл.1 работы [11] в девяти близлежащих к ним точках аппроксимируются поверхностью, сечения которой с координатными плоскостями являются параболами.

Как и авторы работ [2,3], мы использовали уравнения переноса энергии для неподвижной среды. Чем больше значение $\dot{M}$, тем больше скорость оседающих слоев. В нашем случае эта скорость на два порядка выше, чем в [2,3]. Поэтому на каждом шагу интегрирования проводились оценки поправок, связанных с движением среды, по уравнению (5.14) [15]. Эти поправки к радиационному переносу энергии ничтожны.

В области, где конвективный перенос энергии преобладает над лучистым переносом, отношение конвективных скоростей к скоростям оседающих слоев как в [2,3], так и в нашей модели намного больше единицы. В слое же, где это отношение становится порядка 0.1, радиационный перенос энергии уже намного превосходит конвективный, поэтому расчет конвективного потока энергии по схеме работ [5,12] оправдан.

На каждом шагу интегрирования определялось также отношение скоростей оседания вещества и звука - число Маха, которое нигде не становилось больше, чем $2 \cdot 10^{-2}$, что оправдывает применимость гидростатического приближения.

Решая уравнения ионизационного и диссоциационного равновесия (уравнения Саха) находились концентрации молекул, атомов, ионов и электронов. Были вычислены полная удельная внутренняя энергия вещества и давление. Производные от внутренней энергии и давления по T и ρ, в отличие от работ [2,12], вычислены на основе уравнения Саха, так как численное дифференцирование значительно увеличивает время расчета и в некоторых областях T и ρ вносит определенные погрешности. Скорости горений гелия и водорода по горячему CNO циклу взяты из [16] (формулы 17.280 и 17.341).

Для заданных значений массы звезды M, массы M_{SS} и радиуса R_{SS} странной сердцевины и начального химического состава светимость L, радиус звезды R и скорость оседания вещества $\dot{M}$ являются собственными значениями рассматриваемой задачи.

Взаимосвязь параметров СЗ зависит от модели и численных значений констант теории кварковой материи. Неопределенность последних позволяет M_{SS} и R_{SS} в разумных пределах считать свободными параметрами.

Интегрирование начинается с внешней поверхности звезды с такими значениями L и R, чтобы она имела вышеупомянутую структуру. Значения накопленной массы и текущего радиуса, при котором выполняется (2), отождествляются с параметрами СЗ. Численные значения L, R и $\dot{M}$ выбираются такими, чтобы M_{SS} и R_{SS} находились в разумных пределах. Отказ от точного выполнения модельной взаимосвязи M_{SS} и R_{SS} намного облегчает численное решение задачи.

Для нахождения самосогласованной конфигурации было проведено большое количество пробных интегрирований, и как справедливо отмечается в работе [3] в этом процессе не удается положиться на ЭВМ.

3. *Результаты расчетов и обсуждение.* Нами была поставлена задача: выяснить, возможно ли существование красных гигантов со странной звездой в качестве ядра и если да, то насколько отличается их внутренняя структура от внешне одинакового ОТЖ. Нам удалось построить модель КГ с массой $5M_{\odot}$, светимостью $41740L_{\odot}$ и радиусом $960R_{\odot}$. Проведено сравнение с ОТЖ, имеющим такие же интегральные параметры (табл.1 работы [2]). Отметим, что при одинаковых значениях светимости и радиуса звезды полные массы у нас и у Торна-Житкова отличаются на 0.6%. В дальнейшем этим мы пренебрегаем.

У такого ОТЖ, по результатам [2], скорость оседания вещества равна $1.72\cdot10^{-8}M_{\odot}$/год, основным источником энергии излучения является изменение гравитационнной энергии. В нашей модели, в отличие от ОТЖ, на поверхности СЗ поток энергии очень велик. Мы рассматривали самый неблагоприятный случай, когда такой поток энергии создается только аннигиляцией e^-e^+ - пар, т.е. $L_{SS} = L_{pair}$, что обеспечивается только большим значением $\dot{M}$ и приводит к сравнительно малым временам жизни объектов. В выражении (2) для определения непрозрачности χ использовано сечение комптоновского рассеяния электронов с энергией 0.51 МэВ, и также учтены образовавшиеся e^-e^+ - пары. Для одного из возможных вариантов значения параметров кварковой сердцевины получились равными $M_{SS} = 1.006M_{\odot}$ и $R_{SS} = 10.9$ км при $\dot{M} = 3.43\cdot10^{-5}\,M_{\odot}$/год.

В статической области ($r > r_{ss}$) наши расчеты практически повторяют результаты [2]. Различие структур выявляется только в самых глубоких

слоях, непосредственно у плотной сердцевины.

У ОТЖ под конвективной областью в почти изотермическом слое толщиной несколько метров над плотным ядром, находится зона лучистого переноса энергии, плотность меняется от ~10^{-1} г/см^3 до 10^6 г/см^3. В этом слое находятся области горения водорода и гелия. В нашей же модели такой слой отсутствует. Хотя над кварковым ядром в слое толщиной несколько сантиметров конвекция останавливается, однако нисходящие конвективные потоки и аннигиляционное выделение огромной энергии практически разрушат этот тонкий слой. Отметим, что для других параметров кваркового ядра этот слой вообще отсутствует.

Если у ОТЖ конвекция неизбежно прекращается и остается тонкая изотермическая зона лучистого переноса энергии, где происходит "выжимание энтальпии из вещества" [3], то в нашей модели конвекция остается до самой поверхности странной сердцевины. Это обстоятельство коренным образом меняет энергетику объекта. В конвективной зоне изменение гравитационной энергии полностью расходуется на частичный нагрев и сжатие втекающего вещества, а остальная часть энергии на нагрев берется от энергии горения водорода и аннигиляции e^-e^+-пар. Над поверхностью кварковой сердцевины параметры таковы: $T = 5.1 \cdot 10^8$K, $\rho = 4.1$ г/см^3, $L = L_{pair} = L_{crit} = 6.1 \cdot 10^4 L_\odot$.

На рис.1 приводятся зависимости температуры - T, потока энергии (светимости) - L и накопленной массы - m от плотности ρ вне сердцевины. Зависимости этих кривых аналогичны соответствующим

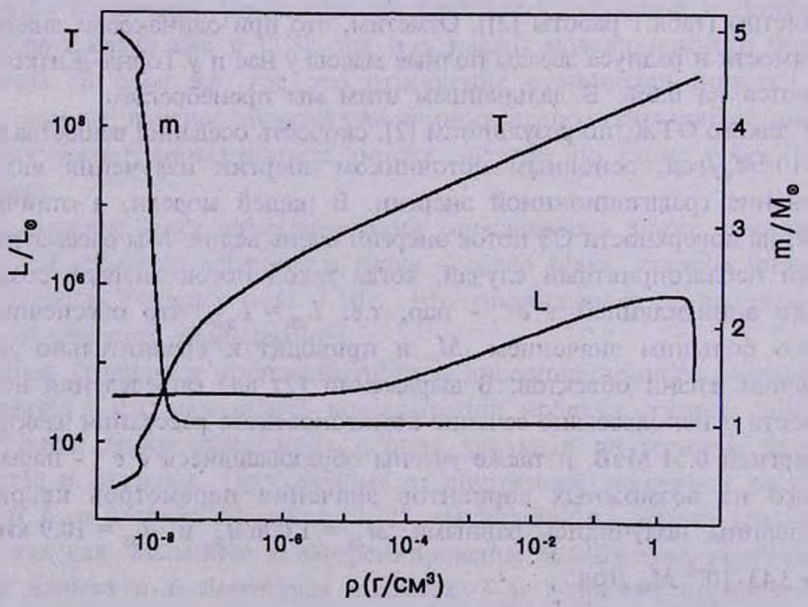

Рис.1. Зависимость температуры T, потока энергии (светимости) L и накопленной массы m от плотности ρ вне сердцевины.

кривым работ [2,3], поэтому здесь мы опускаем их объяснения.

В нашей модели в конвективной зоне толщиной около 2 км горит только водород. В этой области длина пути перемешивания по шкале высот давления порядка 1000 км, скорости конвективных потоков ~500 км/с. Таким образом, перемешивание идет достаточно бурно и успевает поддерживать концентрацию водорода постоянной. Полная мощность горения водорода составляет $7.7\cdot10^5 L_\odot$. Если бы горение водорода происходило в неконвективной зоне, как в [2,3], то его максимальная мощность составила бы всего лишь $\dot{M} XQ_{pp}/4m_p \approx 2.2\cdot10^5 L_\odot$, где Q_{pp} = 25 МэВ - выход тепловой энергии при образовании одного ядра гелия в высокотемпературном CNO цикле, т.е. почти в три раза меньше, чем в нашем случае.

Масса слоя, где температура выше 10^8K составляет менее чем $10^{-13} M_\odot$. Оценки показывают, что нейтринные потери энергии здесь очень малы и их неучет в общем балансе энергии оправдан.

У ОТЖ в каждую секунду на нагрев оседающего вещества расходуется примерно $\Re_{SS}^2 L(r)_{\max} - L(R) \approx 3500 L_\odot$ энергии. При увеличении скорости оседания в 200 раз, что имеет место в рассматриваемой модели, расход энергии на нагрев увеличивается во столько же раз.

Время существования красного гиганта с холодным ядром порядка $\tau = 1 M_\odot/\dot{M} \approx 5\cdot10^7$ лет, в течение которого масса плотного ядра достигает предельно возможного значения для НЗ [2]. Однако в [3] было показано, что самые верхние слои массивной оболочки ОТЖ расширяются, что должно облегчить формирование звездного ветра, и звезда в течение времени ~$5\cdot10^5$ лет скорее всего избавится от оболочки, прежде чем ядро накопит массу ~$1M_\odot$. Там же делается вывод, что ОТЖ может иметь только горячее нейтронное ядро с $T \geq 10^9$K и, по-видимому, из-за огромных нейтринных потерь энергии время жизни сократится до ~100 лет.

Как было сказано выше, процессы в кварковом ядре нашей модели не влияют на внешнюю оболочку, поэтому время жизни КГ с СЗ порядка $1 M_\odot/\dot{M}$ ~ $3\cdot10^5$ лет. Почти за такое же время $\tau \sim MXQ/4m_p L_{nucl} \sim 1.7\cdot10^5$ лет весь водород выгорит, так что запасы водорода достаточны для обеспечения светимости в течение ~10^5 лет, т.е. до коллапса центрального ядра.

Мы не исследовали временную эволюцию нашей модели. Не исключено расширение внешней оболочки, аналогичное результатам [3], что может привести к потере массы и предотвратит коллапс.

В нашей модели кварковая сердцевина играет пассивную роль. Лишь аннигиляция e^-e^+-пар на ее поверхности является решающим фактором для существования звезды. В [17] показано, что при высоких

температурах в кулоновском поле над голой СЗ могут рождаться e^-e^+ - пары. Низкая плотность вещества над кварковой сердцевиной в нашей модели (~4 г/см^3) не разрушит структуру этого поля. Приравнивая (5) нейтринной светимости по URCA процессам на кварках [18], для максимальной температуры сердцевины получим $T \approx 3 \cdot 10^9$K, т.е. меньше чем T_{SS}. При такой температуре поток e^-e^+- пар от СЗ будет $L_\pm = 60 L_\odot$ [17], что намного меньше, чем L_{SS}. Температура, при которой $L_\pm = L_{SS}$ равна ~$5.6 \cdot 10^9$K, т.е. достаточно близка к температуре T_{SS} над СЗ. Как замечаем, условия с обеих сторон кулоновского барьера таковы, что испускание e^-e^+ - пар при определенных условиях может играть важную роль в процессе препятствования проникновения обычной материи в СКМ.

4. *Заключение.* Таким образом, самосогласованно построена модель красного гиганта со странной сердцевиной и с теми же интегральными параметрами, что и объект Торна-Житкова. Медленное проникновение обычного вещества верхних слоев в СКМ поддерживается γ – излучением от аннигиляции электронов этого вещества с позитронами СКМ. Для внешнего наблюдателя различие этих моделей будет проявляться лишь во времени жизни, почти в 500 раз меньшем, чем у ОТЖ с холодным нейтронным ядром [2]. Если же учесть выводы [3] о нереализации ОТЖ с холодной сердцевиной, то время жизни рассматриваемой модели окажется минимум в $3 \cdot 10^3$ раза больше реализуемых моделей Торна-Житкова.

Отметим, что учет потока энергии от кваркового ядра уменьшит скорость оседания $\dot{M}$ и тем самым увеличит время жизни звезды.

Более детальное исследование данных объектов будет проведено в дальнейших работах.

Авторы выражают благодарность С.Г.Аджяну за помощь в создании программного обеспечения. Данная работа проделана в рамках темы № 96-857, поддержанной Министерством образования и науки Республики Армения.

Ереванский государственный университет,
Армения

A RED GIANT STAR WITH A STRANGE STAR AS A CORE. THE PRINCIPAL DIFFERENCES AND RESEMBLANCES WITH THE OBJECTS OF THORNE-ZYTKOW

G.S.HAJYAN, YU.L.VARTANYAN, A.K.GRIGORYAN

The model of a red giant with the mass $5M_\odot$, luminosity $41740L_\odot$ and the radius $960R_\odot$ and with the strange quark star as a core has been constructed. A comparison has been made with the object of Thorne-Zytkow that has analogous integral parameters. The difference in the inner structure is manifested just at the dense core. Convection does not stop up to the strange star, the matter over the core is withstood only due to the emission from the strange star. The life time of the red giants with the strange star turns out to be 500 times shorter than that of the Thorne-Zytkow's object, and is 10^5 year order.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Я.Б.Зельдович, Л.Н.Иванова, Д.К.Надежин*, Астрон. ж., **49**, 253, 1972.
2. *K.S.Thorne, A.N.Zytkow*, Astrophys.J., **212**, 832, 1977.
3. *Г.С.Бисноватый-Коган, С.А.Ламзин*, Звезды с нейтронными ядрами. Возможность существования объектов с низкой нейтринной светимостью. Препр. ИКИ, 741, 1982.
4. *Г.С.Саакян, Д.М.Седракян*, Астрофизика, **8**, 283, 1972.
5. *K.S.Thorne*, Astrophys.J., **212**, 825, 1977.
6. *E.Witten*, Phys. Rev., **D30**, 272, 1984.
7. *C.Alcock, E.Farhi, A.Olinto*, Astrophys. J., **310**, 261, 1986.
8. *P.Haensel, J.Zdunik, R.Schaeffer*, Astron. Astrophys., **160**, 121, 1986.
9. *J.B.Hartle, R.F.Sawyer, D.J.Scalapino*, Astrophys. J., **199**, 471, 1975.
10. *Ю.Л.Вартанян, Г.С.Аджян, Г.Б.Алавердян*, Астрон. ж., **61**, 677, 1984.
11. *R.E.Tamm*, Astrophys. J., **222**, 269, 1978.
12. *B.Paczynski*, Acta Astr., **19**, 1, 1969.
13. *D.H.Sampson*, Astrophys. J., **134**, 734, 1959.
14. *Э.Хайрер, С.Нерсетт, Г.Виннер*, Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. Мир, М., 1990.
15. *Г.С.Бисноватый-Коган*, Физические вопросы теории звездной эволюции, Наука, М., 1989.

16. *J.Cox, R.Giuli*, Principles of Stellar Structure, vol.1, New York, Gordon and Breach, 1968.
17. *V.V.Usov*, Phys. Rev. Lett., 80, 230, 1998.
18. *N.Iwamoto*, Phys. Rev. Lett., 44, 1637, 1980.