АСТРОФИЗИКА

ТОМ 33 АВГУСТ, 1990 ВЫПУСК 1

УДК: 524.354.6.327

ЭНЕРГИЯ ДЕФОРМАЦИИ И ТЕПЛОВОЕ ОСТЫВАНИЕ ВРАЩАЮЩИХСЯ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

Г. Г. АРУТЮНЯН, В. В. ПАПОЯН, Г. С. СААКЯН, А. В. САРКИСЯН

Поступила 20 июня 1990

Рассмотрена возможность использования вызванной вращением деформации нейтронной звезды (НЗ) в качестве источника, подпитывающего ее энергетические потери. При вызванном остыванием НЗ сжатии энергия деформации, превращаясь в тепловую, выделяется, поддерживая в течение длительного времени НЗ в нагретом состоянии. Получены оценки времени остывания НЗ, учитывающие как нейтринные потери, так и потери, обусловленные фотонной светимостью для двух типов уравнений состояния — с π^--мезонным конденсатом и без него (реальный барионный газ). За время, меньшее чем 10 лет, НЗ остывает до температуры $\sim 10^8$ К, а затем до температуры $\sim 10^5$ К за $\tau \sim 10^7$ лет. Для двух пульсаров, оценки изменения угловой скорости вращения которых надежно установлены, показано, что энергия деформации, превращаясь в тепловую, существенно замедляет (даже приостанавливает) процесс остывания НЗ.

1. *Энергия деформации вращающейся нейтронной звезды.* Обусловленная вращением деформация нейтронной звезды (НЗ) вызывает увеличение гравитационной энергии. Эта добавочная гравитационная энергия, которую назовем энергией деформации, запасена во всем объеме звезды и, по существу, является дополнительным источником энергии. При сжатии НЗ энергия деформации может постепенно выделяться, превращаясь в тепловую, покрывая тем самым в течение длительного времени энергетические потери НЗ.

Известно (см., например, [1]), что полная энергия вращения может быть задана соотношением

$$W = \frac{1}{2} I \Omega^2 + \frac{3}{4} \Delta I \Omega^2 + 0(\Omega^6), \tag{1.1}$$

где I — момент инерции, Ω — угловая скорость вращения. Если вычесть из этого выражения кинетическую энергию вращения в том же приближении по угловой скорости $T = \frac{1}{2} \Omega^2 (I + \Delta I)$ и перейти к нерелятивистокому пределу, то энергию деформации (т. е. работу сил, компенсирующих центробежные силы) можно представить в виде

$$W_{rot} = \frac{1}{4} \Delta I \Omega^2 = \frac{1}{4} \int \Omega^2 \frac{dI}{d\Omega} d\Omega = \frac{1}{4} \int \Omega^2 \frac{d}{d\Omega} \left(\sum_a m_a r^2_{\perp a} \right) d\Omega \quad (1.2)$$

(здесь $r_{\perp a}$ — цилиндрическая радиальная координата). Будем считать, что

$$r_{\perp} = r_{0\perp} + \xi,$$

где ξ — смещение элемента объема под действием центробежных сил, предположим, что при допустимых без истечения вещества значениях угловой скорости $\xi \ll r_{0\perp}$. Ясно также, что $\xi(\Omega) = \xi(-\Omega)$, поэтому $\xi = f(r_{\perp}) \Omega^2$. Величину функции $f(r_{\perp})$ оценим из соображений размерности так, чтобы

$$\xi \approx \left(\frac{\Omega r_{\perp}}{V_s} \right)^2 r_{\perp}, \quad (1.3)$$

$V_s = (dP/d\rho)^{1/2}$ — скорость звука (наличие V_s в (1.3) вполне естественно, т. к. смещение ξ несомненно должно зависеть от упругих свойств плазмы). Таким образом, учитывая (1.3), для W_{rot} имеем:

$$W_{rot} = \frac{k}{4} \Omega^4 \int \rho \, r^4_{\perp} \, dV. \quad (1.4)$$

Будем считать, ввиду малости Ω, отклонения от сферической симметрии несущественными и предположим, что как плотность ρ, давление P, так и скорость звука V_s зависят лишь от сферической радиальной координаты r. Усреднив (1.4) по углу θ, окончательно получим

$$W_{rot} = \frac{8}{15} \pi k \Omega^4 \int\limits_0^R r^6 \rho \frac{d\rho}{dP} dr. \quad (1.5)$$

Здесь k — константа, возникшая из-за того, что $f(r)$ в (1.3) получено оценкой размерности. Для того, чтобы определить величину k, сравним (1.5) с выражением W_{rot} работы [2]. Тогда для уравнения состояния „SG“ [3] численный расчет дает

$$k = -3.91 + 2.74 \rho_{c14} - 0.637 \rho^2_{c14} + 0.05 \rho^3_{c14},$$

а для другого уравнения состояния „SV“ [4]

$$k = 0.195 + 0.0193 \rho_{c14}, \quad \rho_{c14} = 10^{-14} \rho_c.$$

Выясним роль энергии деформации в энергетическом балансе нейтронной звезды. Для корректного решения вопроса об источнике внутренней энергии и скорости выделения ее необходимо подробно исследовать механизм трения, которое приводит к торможению вращения. Эта проблема довольно сложна, поэтому здесь приводится лишь упрощенное феноменологическое рассмотрение возможных следствий, связанных с выделением добавочной гравитационной энергии W_{rot}.

Предположим, что энергия W_{rot} выделяется в недрах звезды в виде тепла с мощностью

$$\varepsilon = \frac{3}{8} k\Omega^4 \frac{\dot{\Omega}}{\Omega} r^4 \frac{d\rho}{dP} \tag{1.6}$$

(формула (1.6) получена из (1.4) усреднением по углам), поэтому соответствующий поток энергии в единицу времени есть

$$\tilde{L}_{rot} = \frac{3\pi}{2} k\Omega^4 \frac{\dot{\Omega}}{\Omega} \int_0^R \rho \frac{d\rho}{dP} \frac{r^6 e^{2\nu} dr}{\sqrt{1-\frac{2Gu}{c^2 r}}}, \tag{1.7}$$

$u=u(r)$—масса, накопленная в сфере радиуса r.

Используем далее стандартную схему (см. [9]) для расчета времени остывания двух моделей нейтронных звезд. В одной из них используется сравнительно новое уравнение состояния, учитывающее наличие π^--мезонного конденсата [3], и соответственно вносятся коррективы в оценку нейтринной светимости [5] (модель «SG»), а в другой—уравнение состояния реального барионного газа [4] (модель «SV»).

2. *Тепловое излучение нейтронной звезды.* Тепловая энергия нейтронной звезды сосредоточена в основном в ее центральном адронном шаре. Если не учитывать различия между адронами и ввести понятие «усредненного» адрона с массой $m=2.3\cdot 10^{-24}$ г, тепловая энергия приблизительно равна

$$E_T \approx \frac{2\pi k^2 m^{2/3}}{\hbar^2} T^2 \int_0^{R_0} \rho^{1/3} r^2 dr, \tag{2.1}$$

где T — температура адронного ядра, которое можно считать изотермичным, R_0 — его радиус. Разумеется, горячая нейтронная звезда, помимо чисто тепловой энергии, обладает также дополнительной потенциальной энергией, обусловленной ее тепловым расширением. Эта энергия порядка

$$\Delta E_G \approx \frac{G M_0^2}{R_0} y, \tag{2.2}$$

где $M_0 \approx M$ — масса адронного шара, а $y = \frac{\Delta R_0}{R_0}$ — его относительное тепловое расширение. Из условия $\Delta E_G \approx E_T$ можно получить величину разбухания разогретого шара по сравнению с холодным [6]

$$y \approx \frac{k^2}{3G\hbar^2}\left(\frac{4\pi}{3}m\right)^{2/3}\frac{R_0^3}{M_0^{5/3}}T^2 = 1.2\cdot 10^{-13}\, R_{06}^3\, T_7^2\left(\frac{M_\odot}{M}\right)^{5/2}. \qquad (2.3)$$

Полная „тепловая" энергия равна сумме $E_T + \Delta E_G$. По мере остывания звезды относительное расширение нейтронной звезды стремится к нулю и вместе с E_T исчезают и ΔE_G.

Оценим время остывания нейтронной звезды. Тепловая эволюция нейтронной звезды описывается уравнениями:

$$\frac{d}{dr}(e^{2\nu} L) = -C_V \frac{4\pi r^2 e^\nu}{\sqrt{1-\frac{2GU(r)}{c^2 r}}}\frac{dT}{dt},\ 0 \leqslant r \leqslant R_0, \qquad (2.4)$$

$$\frac{d}{dr}(e^\nu T) = -\frac{3\varkappa \rho e^\nu L_\gamma}{16\sigma T^3 4\pi r^2\sqrt{1-\frac{2GU(r)}{c^2 r}}},\ R_0 \leqslant r \leqslant R. \qquad (2.5)$$

Здесь $e^{2\nu} = g_{00}$, $L = L_\gamma + L_\nu$, L_γ — поток энергии теплового излучения с поверхности звезды

$$L_\gamma(R) \approx L_\gamma(R_0) = 4\pi\sigma R^2 T_R^4$$

(T_R — поверхностная температура), L_ν — поток энергии, которая уносится нейтрино, определяемый соотношением

$$\frac{dL_\nu}{dr} = \frac{4\pi r^2 \rho \varepsilon_\nu}{c^2\sqrt{1-2GU(r)/c^2 r}},$$

где ε_ν — мощность нейтринных потерь энергии, определяемая согласно [4] или [9] в зависимости от используемой модели, c_v — удельная теплоемкость адронного газа, равная

$$c_v = \left(\frac{\pi}{3}\right)^{2/3}\frac{m^{2/3}k^2 T}{\hbar^2}\rho^{1/3},$$

χ — коэффициент непрозрачности. Физические условия в оболочке НЗ («Ае»-фаза) таковы, что основным каналом переноса энергии к поверхности является теплопередача. Непрозрачность χ_c, обусловленная теплопроводностью Ае-плазмы (см. [7]), есть

$$\chi_c = 3.85\cdot 10^{-18}\frac{1+x^2}{x^6}, \qquad x = \frac{p_e}{m_e c},$$

p_F—граничный импульс электрона. В узком слое у поверхности «Ae»-оболочки определенную роль в переносе энергии играют радиационные процессы, причем совершенно незначительны связанно-связанные переходы и комптоновское рассеяние, а для наиболее существенных свободно-свободных переходов непрозрачность χ_r имеет вид [8]

$$\chi_r = 1.4 \cdot 10^{23} \sqrt{\rho}\; T^{-3.5}.$$

Результирующая непрозрачность

$$\chi = \frac{\chi_c \cdot \chi_r}{\chi_c + \chi_r}. \tag{2.6}$$

Поверхностная температура T_R определяется температурой адронного шара T. Учитывая, что в оболочке звезды $U(r) \approx M$, $r \approx R$, $P \ll \rho$, из уравнения (2.5) можно получить хорошую аппроксимационную зависимость T_R от T:

$$\tilde{T}_8 = 0.74 \frac{R}{\sqrt{M}} \left(1 - \frac{2M}{R}\right)^{3/4} T_{R6}^{1.65}, \tag{2.7}$$

где $g_{00}(R_0) = e^{2\nu(R_0)}$, $\tilde{T}_8 = 10^{-8}\, T\sqrt{g_{00}(R_0)} \equiv x$, $T_{R6} = 10^{-6}\, T_R$, R и M — радиус и масса звезды в единицах Оппенгеймера-Волкова.

Интегрируя (2.4) от нуля до R_0

$$\tilde{L}_\gamma(R_0) + \tilde{L}_\nu(R_0) = -2\left(\frac{4\pi^2 m}{3}\right)^{2/3} \frac{k^2}{\hbar^2}\, \tilde{T} \frac{d\tilde{T}}{d\tau}\, I(R_0), \tag{2.8}$$

$$I(R_0) = \int_0^{R_0} \frac{\bar{\rho}^{1/3} e^{-\nu} r^2\, dr}{\sqrt{1 - 2GM/c^2 r}},$$

$$\tilde{T} = \sqrt{g_{00}(R_0)}\; T, \quad \bar{\rho} = 4\pi\rho, \quad \tilde{L} = g_{00} L,$$

для времени остывания (в годах) адронного шара от температуры $\tilde{T}_1$ до $\tilde{T}_2$ получаем

$$\Delta\tau\,(\text{год}) = 2.13 \cdot 10^6\, C \int_{x_1}^{x_2} \frac{dx}{a \Lambda x^7 + b\, x^{1.42}}, \tag{2.9}$$

где

$$C = 2 \int_0^{R_0} \frac{\bar{\rho}^{1/2} r^2\, dr}{\sqrt{g_{00}} \sqrt{1 - 2u/r}}, \qquad a = \begin{cases} 185 & \text{„SG"} \\ 0.56 & \text{„SV"} \end{cases}$$

$$\Lambda = \int_0^{R_0} \frac{\bar{\rho}\, r^2\, dr}{g_{00}^3 \sqrt{1 - 2u/r}},$$

$$b = 2.77 \cdot M^{1.21}/R^{0.42} \left(1 - \frac{2M}{R}\right)^{0.815}$$

вычислены в единицах Оппенгеймера-Волкова. Тепловая энергия $\tilde{E} = \sqrt{g_{00}}\, E$, наблюдаемые значения светимостей $\tilde{L}_\gamma$ и $\tilde{L}_\nu$ при этом равны $\tilde{E}$ (эрг) $= 6.72 \cdot 10^{46}\, C X^2$, $\tilde{L}_\gamma$ (эрг/с) $= b\, x^{2.42} \cdot 10^{33}$, $\tilde{L}_\nu$ (эрг/с) $= a\Lambda \cdot x^8 \cdot 10^{33}$.

Времена остывания для типичных нейтронных конфигураций с уравнениями состояния «SG» и «SV» приведены соответственно в табл. 1 и 2. В первом столбце этих таблиц приводится температура $\tilde{T}_8$ адронного шара, во втором столбце — соответствующая поверхностная температура T_{R8}, в третьем — тепловая энергия, в четвертом и пятом — фотонная и нейтринная светимости, в шестом — время остывания адронного шара от некоторого начального значения температуры T до конечного, равного 10^5 К. Как видно из таблицы, существует верхний предел температуры адронного шара нейтронной звезды, до которого звезда с более высокой температурой остывает менее чем за 10 лет. Эта предельная температура для моделей «SG» равна $8 \cdot 10^8$ К, а для «SV»—$4 \cdot 10^8$ К. Дальнейшее остывание до 10^5К происходит медленно в течение τ лет.

3. *Время остывания с учетом энергии деформации.* Имея в виду (1.7), можно повторить расчет остывания нейтронной звезды по схеме, изложенной в предыдущем разделе, но уже для моделей с дополнительным внутренним источником энергии (1.6). Тогда вместо (2.9) будем иметь

$$\Delta\tau\,(\text{год}) = 2.13 \cdot 10^6 C \times$$

$$\times \int_0^{x_0} \frac{dx}{-a\Lambda x^7 - 2.77\, bx^{1.42} + 3.41 \cdot 10^5\, \Omega^3\, \dot{\Omega}\, Dk},$$

где

$$D = \int_0^{R} r^6\, \bar{\rho}\, \frac{d\bar{\rho}}{dP}\, \frac{e^{2\nu}\, dr}{\sqrt{1 - 2u/r}}$$

в единицах Оппенгеймера—Волкова, а энергия реформации и соответствующий поток в единицу времени принимают вид

Таблица 1

«SG»

	$10^{-8} T\sqrt{g_{00}}$	$10^{-6} T_R$	$E\sqrt{g_{00}}$ (эрг)	$L_\gamma \cdot g_{00}$ (эрг/с)	$L_\nu \cdot g_{00}$ (эрг/с)	$10^{-7}\tau$ (год)
$\rho_c = 3.4 \cdot 10^{14}$ г/см^3	0.01	0.029	$1.61\ 10^{41}$	$3.12\ 10^{26}$	$3.51\ 10^{17}$	6.3353
$M = 0.134\ M_\odot$	1.1	0.118	$1.61\ 10^{43}$	$8.21\ 10^{28}$	$3.51\ 10^{25}$	8.74395
$\Lambda = 0.019$, $C = 0.024$	0.5	0.314	$4.03\ 10^{44}$	$4.03\ 10^{30}$	$1.37\ 10^{31}$	9.37615
	1.0	0.477	$1.61\ 10^{45}$	$2.16\ 10^{31}$	$3.51\ 10^{33}$	9.38969
	2.0	0.726	$6.45\ 10^{45}$	$1.16\ 10^{32}$	$8.99\ 10^{35}$	9.38993
	3.0	0.928	$1.45\ 10^{46}$	$3.08\ 10^{32}$	$2.30\ 10^{37}$	9.38994
$\rho_c = 4.64 \cdot 10^{14}$ г/см^3	0.01	0.049	$1.46\ 10^{42}$	$4.14\ 10^{27}$	$8.74\ 10^{18}$	4.326639
$M = 1.089\ M_\odot$	0.1	0.171	$1.46\ 10^{44}$	$1.09\ 10^{30}$	$8.74\ 10^{26}$	5.97123
$\Lambda = 0.472$, $C = 0.217$	0.5	0.524	$3.66\ 10^{45}$	$5.36\ 10^{31}$	$3.41\ 10^{32}$	6.37935
	1.0	0.798	$1.46\ 10^{46}$	$2.86\ 10^{32}$	$8.74\ 10^{34}$	6.38468
	2.0	1.214	$5.86\ 10^{46}$	$1.54\ 10^{33}$	$2.23\ 10^{37}$	6.38477
$\rho_c = 1.69 \cdot 10^{15}$ г/см^3	0.01	0.071	$3.32\ 10^{42}$	$1.29\ 10^{28}$	$1.93\ 10^{20}$	3.15708
$M = 2.14\ M_\odot$	0.1	0.285	$3.32\ 10^{44}$	$3.39\ 10^{30}$	$1.93\ 10^{28}$	4.35706
$\Lambda = 10.45$, $C = 0.492$	0.5	0.757	$8.30\ 10^{45}$	$1.67\ 10^{32}$	$7.55\ 10^{33}$	4.58946
	1.0	1.15	$3.32\ 10^{46}$	$8.91\ 10^{32}$	$1.93\ 10^{36}$	4.59002
	2.0	1.75	$1.33\ 10^{47}$	$4.77\ 10^{33}$	$4.95\ 10^{38}$	4.59003

Таблица 2

«SV»

	$10^{-8} \cdot T\sqrt{g_{00}}$	$10^{-6} T_R$	$E\sqrt{g_{00}}$ (эрг)	$L_\gamma \cdot g_{00}$ (эрг/с)	$L_\nu \cdot g_{00}$ (эрг/с)	$10^{-7}\tau$ (год)
1	2	3	4	5	6	7
	0.01	0.019	$8.77\ 10^{41}$	$4.38\ 10^{26}$	$2.10\ 10^{15}$	24.5429
	0.1	0.079	$8.77\ 10^{43}$	$1.15\ 10^{29}$	$2.10\ 10^{23}$	33.8742
$\rho_c = 2.84 \cdot 10^{14}$ г/см^3	0.5	0.210	$2.19\ 10^{45}$	$5.66\ 10^{30}$	$8.21\ 10^{28}$	36.6832
$M = 0.250\ M_\odot$	1.0	0.320	$8.77\ 10^{45}$	$3.03\ 10^{31}$	$2.10\ 10^{31}$	37.3278
$\Lambda = 0.038$, $C = 0.13$	2.0	0.487	$3.51\ 10^{46}$	$1.62\ 10^{32}$	$5.38\ 10^{33}$	37.4582
	3.0	0.623	$7.87\ 10^{46}$	$4.33\ 10^{32}$	$1.38\ 10^{35}$	37.4613
	4.0	0.740	$1.40\ 10^{47}$	$8.68\ 10^{32}$	$1.38\ 10^{36}$	37.4616

1	2	3	4	5	6	7
$\rho_c = 6.82 \cdot 10^{14}$ г/см^3 $M = 0.776\ M_{\odot}$ $\Lambda = 0.255$ $C = 0.175$	0.01	0.039	$1.18\ 10^{42}$	$2.39\ 10^{27}$	$1.42\ 10^{14}$	6.03946
	0.1	0.159	$1.18\ 10^{44}$	$6.39\ 10^{30}$	1.42 10[illegible]	8.33568
	0.5	0.423	$2.95\ 10^{45}$	$3.09\ 10^{31}$	5.54 10[illegible]	9.02672
	1.0	0.644	$1.18\ 10^{46}$	$1.06\ 10^{32}$	$1.42\ 10^{32}$	9.18143
	2.0	6.980	$4.72\ 10^{46}$	$8.86\ 10^{32}$	$3.63\ 10^{34}$	9.20940
	3.0	1.254	$1.06\ 10^{47}$	$2.36\ 10^{33}$	9.30 10[illegible]	9.21001
	4.0	1.492	$1.88\ 10^{47}$	$4.74\ 10^{33}$	9.29 10[illegible]	9.21006
$\rho_c = 4 \cdot 10^{15}$ г/см^3 $M = 1.540\ M_{\odot}$ $\Lambda = 16.04$ $C = 0.246$	0.01	0.077	$1.66\ 10^{42}$	$9.82\ 10^{27}$	$9.90\ 10^{17}$	2.07170
	0.1	0.312	$1.66\ 10^{44}$	$2.58\ 10^{30}$	8.90 10[illegible]	2.85937
	0.5	0.827	$4.15\ 10^{45}$	$1.27\ 10^{32}$	3.48 10[illegible]	3.09190
	1.0	1.261	$1.66\ 10^{46}$	$6.79\ 10^{32}$	8.90 10[illegible]	3.11656
	2.0	1.920	$6.64\ 10^{46}$	$3.63\ 10^{33}$	2.28 10[illegible]	3.11749
	3.0	2.454	$1.49\ 10^{47}$	$9.69\ 10^{33}$	5.84 10[illegible]	3.11751

Таблица 3

I. $M = 1.185\ M_{\odot}$, $R = 11.95$ км, $\rho_c = 4.83 \cdot 10^{14}$ г/см^3 „SG" $\Lambda = 0.575$,
$C = 0.239$, $D = 1.348$, $\bar{D} = 1.646$

Ω (с$^{-1}$)	τ (год)	L_{rot}(эрг/с)	W_{rot}(эрг)
200	$4.099 \cdot 10^7$	$5.31 \cdot 10^{34}$	$1.77 \cdot 10^{45}$
17.45	$2.438 \cdot 10^8$	$3.95 \cdot 10^{27}$	$1.03 \cdot 10^{41}$
0	$2.438 \cdot 10^8$	0	0

II. $M = 1.165\ M_{\odot}$, $R = 10.98$ км, $\rho_c = 1.14\ 10^{15}$ г/см^3 „SV" $\Lambda = 0.8536$,
$C = 0.218$, $D = 0.2679$, $\bar{D} = 0.3413$

Ω (с$^{-1}$)	τ (год)	L_{rot}(эрг/с)	W_{rot} (эрг)
200	$4.203 \cdot 10^7$	$3.32 \cdot 10^{34}$	$1.16 \cdot 10^{45}$
17.45	$1.687 \cdot 10^8$	$1.715 \cdot 10^{27}$	$6.71 \cdot 10^{40}$
0	$1.687 \cdot 10^8$	0	0

$$L_{rot} = 2.71 \cdot 10^{37}\ \Omega^4 \frac{\dot{\Omega}}{\Omega} D \cdot k,$$

$$W_{ro} = \frac{1.211}{4\pi} \cdot 10^{38}\ \Omega^4 \bar{D}\ k,$$

$$\bar{D} = \int_0^R r^6 \bar{\rho} \frac{d\bar{p}}{d\bar{r}}\, dr \text{ (в единицах „OV“).}$$

Результаты приводятся в табл. 3. Для Ω и $\dot{\Omega}/\Omega$ выбраны значения, соответствующие пульсарам PSR 0532 ($\Omega = 200$ с$^{-1}$ $\dot{\Omega}/\Omega = 1.3 \times 10^{-11}$ с$^{-1}$), PSR 1933 ($\Omega = 17.45$ с$^{-1}$, $\dot{\Omega}/\Omega = 1.67 \cdot 10^{-14}$).

Время остывания подсчитано для интервала температур от $T = 10^8$ K до $T = 10^4$ K. Наличие дополнительного источника энергии приводит к тому, что звезда остывает до определенной температуры ($1.39 \cdot 10^6$K «SG» и $7.6 \cdot 10^5$ «SV»), после чего этот процесс останавливается.

Ереванский государственный
университет

THE DEFORMATION ENERGY AND THE THERMAL COOLING OF THE ROTATING NEUTRON STARS

G. G. HAROUTYUNIAN, V. V. PAPOYAN, G. S. SAHAKIAN, A. V. SARKISSIAN

The utilisation possibility of rotation induced neutron star (NS) deformation to be a source of nourishment of star energy loses is considered. The star collapsing process caused by cooling yields deformation energy which transforms into heat keeping NS in hot state for a long time. The estimates of NS cooling time were obtained which take into account both neutrino losses and the losses caused by photon radiation for the two types of equations of state with and without π^- mesonic condensate (real barionic gas). For a time less than 10 years NS is cooling down to $\sim 10^8$K and later to 10^5 K for $\tau \sim 10^7$ years. It is shown for two pulsars, for which the estimates of rotation energy reliably established that the deformation energy transformed into heat slows down essentially (and sometimes stops) the NS cooling process.

ЛИТЕРАТУРА

1. *J. B. Hartle*, Astrophys. and Space. Sci., 24, 385, 1973.
2. *В. Балек*, Материалы Всесоюзного рабочего совещания «Физика сверхплотных небесных тел», Ереван, 1980, стр. 49.
3. *L. Sh. Grigorian, G. S. Sahakian*, Astrophys. and Space Sci., 95, 305, 1983.
4. *G. S. Sahakian*, „Equilibrium Configurations of Degenerate Gaseous Masses“, John Wiley and Sons, 1974.
5. *Л. Ш. Григорян*, Астрофизика, 17, 398, 1981.
6. *Г. Г. Арутюнян, В. В. Папоян, Г. С. Саакян*, Астрофизика, 26, 251, 1987.
7. *E. Schatzman*, Handbuch der Physik, Bd. 51, Springer-Verlag, Berlin, 1958, p. 729,
8. *B. J. Brikworth*, Nature, 201, 1308, 1964.
9. *S. L. Shapiro, S. A. Teukolsky*, „Black Holes, White Dwarfs and Neutron Stars“. John Wiley and Sons, 1983.