

LETTER TO THE EDITOR

SMALL BLACK HOLES AND VOLCANOS

ALEXANDER P. TROFIMENKO

*Astronomical Section of Minsk Department of Astronomical Geodesical Society of the USSR, Minsk-12,
Abonent box No. 7, 220012, USSR*

Received 17 December 1989

Revised manuscript received 5 April 1990

UDC 530.12

Original scientific paper

The volcan model with radiation of micro-black hole in magma chamber as the source of energy is considered. At the earth surface near a volcan the neutrino flow from a micro-black hole is estimated. It has the specific spectrum and appears to be enough big in order to be perceptable by contemporary devices.

В связи с известной проблемой локализации энергии в магматических камерах вулканов¹⁾ имеет смысл в качестве источников энергии вулканов рассмотреть микро-черные дыры²⁾, которые являются точечными источниками энергии («горячими точками»). Связав источник энергии магматических камер вулканов с микро-черными дырами можно оценить поток нейтрино на земной поверхности, который оказывается довольно значительным и весьма уникальным: он состоит из потоков шести типов нейтрино, имеющих одинаковую мощность. Оценим его.

Мощность источника энергии вулкана можно определить из имеющихся оценок энергии, израсходованной на сооружение вулкана, и возраста вулкана. Так, для вулкана Ключевского эти величины равны соответственно³⁾: $E_{vol} = 12 \cdot 10^{20}$ Дж и $15 \cdot 10^{10} \text{ с} < t_{vol} < 24 \cdot 10^{10} \text{ с}$. Для нижнего предела на возраст вулкана имеем верхнюю оценку для мощности источника энергии $P_{vol} = 8 \cdot 10^9 \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1}$.

Для черых дыр в интервале масс $10^{14} \text{ кг} < M_{BH} < 5 \cdot 10^{11} \text{ кг}$ формула для интегрального излучения имеет вид⁴⁾:

$$P_{BH} = 6,3 \cdot 10^9 (10^{12} \text{ кг}/M_{BH})^2 \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (1)$$

Интегральная мощность излучения черной дыры складывается из суммы мощностей излучения различных частиц:

$$P_{BH} = P_g + P_\nu + P_\gamma + P_e = (k_g + k_\nu + k_\gamma + k_e) \cdot P_{BH} \quad (2)$$

где

$$k_g = 0,009, \quad k_\nu = 0,549, \quad k_\gamma = 0,076, \quad k_e = 0,366.$$

Часть энергии от черной дыры уносится гравитонами и нейтрино. Только энергия гамма-излучения, релятивистских электронов и позитронов может быть источником энергии вулканов, что дает нижнюю оценку мощности черной дыры, которой и воспользуемся:

$$P_{\nu e} = (k_\gamma + k_e) \cdot P_{BH}. \quad (3)$$

С учетом (2) и (3) мощность излучения каждого типа нейтрино определится выражением

$$P_\nu = (k_\nu/6) (k_\gamma + k_e)^{-1} P_{\nu e}. \quad (4)$$

Если ввести некоторую эталонную черную дыру с $M_0 = 10^{12}$ кг, то скорость излучения нейтрино ($\dot{N}_\nu$) с энергией (E_ν) будет связана с другими параметрами черной дыры соотношениями:

$$(M_{BH}/M_0)^{-1} = (P_{BH}/P_0)^{1/2} = (T_{BH}/T_0) = (E_\nu/E_0) = (\dot{N}_\nu/\dot{N}_0), \quad (5)$$

где $M_0 = 10^{12}$ кг, $T_0 = 2 \cdot 10^{11}$ К, $P_0 = 6,3 \cdot 10^9$ Дж $\cdot$ с $^{-1}$,

$$E_0 = 2,1 \cdot 10^{-12} \text{ Дж (13 МэВ)}, \quad \dot{N}_0 = 2,7 \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}.$$

Спектр нейтрино от черной дыры является непрерывным и максимальное количество нейтрино обладает энергией E_0 .

Оценим параметры черной дыры, требуемые энергетикой Ключевского вулкана. Из (3) определим мощность излучения черной дыры:

$$P_{BH} = P_{\nu e} (k_\gamma + k_e)^{-1} \approx 18,1 \cdot 10^9 \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (6)$$

Из (5) и (6) определим массу черной дыры

$$M_{BH} = (P_{BH}/P_0)^{-1/2} M_0 \approx 0,59 \cdot 10^{12} \text{ кг}. \quad (7)$$

Максимальная температура в магматическом очаге $T_{\nu e} < T_{BH} = (P_{BH}/P_0)^{1/2} \cdot T_0 \approx 3,4 \cdot 10^{11}$ К.

От такой черной дыры нейтрино с энергией

$$E_\nu = (P_{BH}/P_0)^{1/2} E_0 \approx 3,6 \cdot 10^{-12} \text{ Дж (22,5 МэВ)} \quad (8)$$

будут излучаться со скоростью

$$\dot{N} = (P_{\text{BH}}/P_0)^{1/2} \dot{N}_0 \approx 4,6 \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}. \quad (9)$$

Энергия нейтрино от данной черной дыры близка к энергии борных нейтрино (для бора-8 $E = 14,06$ Мэв), для которых в хлор-аргонном эксперименте Р. Девиса по регистрации солнечного нейтрино сечение захвата с хлором наиболее значительно⁵⁾: $\sigma = 1,35 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$. Поток нейтрино от эталонной черной дыры на расстоянии $R_0 = 10^3 \text{ м}$ равен $\varphi_0 = 2,2 \cdot 10^5 \text{ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, что на три порядка превосходит поток борных нейтрино от Солнца. С расстоянием этот поток довольно быстро убывает:

$$\varphi = (P_{\text{BH}}/P_0)^{1/2} (R/R_0)^{-2} \varphi_0 \quad (10)$$

а при $R > 10^5 \text{ м}$ поток нейтрино от микро-черной дыры становится меньше потока борных нейтрино от Солнца, т. е. поток нейтрино значителен только вблизи вулканов. Оценки глубины залегания магматических камер вулканов^{1,3)} лежат от нескольких до сто километров.

Как видно из (10) поток нейтрино более чувствителен к расстоянию от черной дыры (R), чем к ее мощности (P_{BH}). Поэтому более вероятно зарегистрировать нейтрино не от вулканов, у которых наблюдались катастрофические извержения с громадными энерговыделениями (Санторин и Тамбора $E_{\text{out}} \approx 10^{20} \text{ Дж}$), а от вулканов с неглубоким залеганием (4—5 километров) магматических камер³⁾ (Муана-Кеа на Гавайских островах, Везувий и др.). На поверхности этих вулканов поток нейтрино может сказаться на два-три порядка больше, чем аналогичных солнечных нейтрино.

В заключение отметим, что вулканы имеются не только на планетах, но и высказана идея о возможности существования вулканов на поверхности нейтронных звезд, которые представляют собой «горячие пятна», необходимые для излучения пульсаров⁶⁾. Источником энергии для подобных вулканов может быть анизотропная аккреция вещества нейтронной звезды на центральную керровскую черную дыру²⁾. По этой модели возможно ускорение вращения одиночных пульсаров, приводящее к миллисекундным пульсациям. Возможно, миллисекундные пульсары являются кварковыми звездами и нейтринными пульсарами.

Литература

- 1) P. V. Sharma, *Geophysical Methods in Geology*, Elsevier Science, New York, 1986;
- 2) A. P. Trofimenko, *Astrophys. and Space Sci.* **159** (1989) 301;
- 3) H. Rast, *Vulkane und Vulkanismus*, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1980;
- 4) K. S. Thorne, et al., in *Black Holes: The Membrane Paradigm*, Yale Univ. Press, New Haven and London, 1986;
- 5) K. R. Lang, *Astrophysical Formulae*, Springer-Verlag, Berlin, 1974;
- 6) F. Dyson, *Neutron Stars and Pulsars*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1971.

MALE CRNE RUPE I VULKANI

ALEXANDER P. TROFIMENKO

*Astronomical Section of Minsk Department of Astronomical-Geodesical Society of the USSR,
Minsk-12, Abonent box No. 7, 220012, USSR*

UDK 530.12

Originalni znanstveni rad

Razmatran je model vulkana, čiji izvor energije je zračenje mikro-crne rupe koja se nalazi u komori s magmom vulkana. Procijenjen je tok neutrina koji potječu od mikro-crne rupe na površini Zemlje u blizini vulkana. Tok ima specifičan spektar i ocijenjeno je da je dovoljno velik da bi se mogao mjeriti suvremenim uređajima.