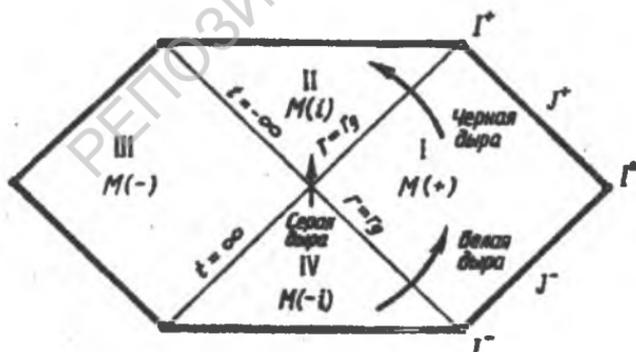


АСТРОФИЗИКА И ГЕОФИЗИКА ОТОНОВ



Минск
1997

Вариации производных гравитационного потенциала и определение масс и параметров орбит отонов

Трофименко А.П., Голуб В.М.

Обсуждены условия регистрации отонных гравимпульсов. Получены оценки числа стонов различных масс, необходимого для регистрации. Обсуждены возможные траектории малых черных дыр в Земле. Приведены выражения для масс и элементов орбит отонов через измеряемые физические величины.

1. Введение.

Одним из наиболее важнейших и удивительных предсказаний теории тяготения Эйнштейна является возможность существования черных дыр - объектов, обладавших столь сильным гравитационным полем, что никакие физические тела, никакие сигналы не могут вырваться наружу. Впервые процесс неограниченного гравитационного сжатия был описан Чандрасекаром[1], Пенгеймером и Снайдером[2]. К настоящему времени проведены как многочисленные теоретические исследования этих объектов, так и работы по их экспериментальному поиску. Явными претендентами на отождествление с черными дырами являются мощный рентгеновский источник Лебедь X-1 и объект SS-433 в созвездии Орла, излучающий в широком диапазоне волн[3]. Есть веские основания считать, что в ядрах активных галактик и в квазарах также имеются сверхмассивные черные дыры[4].

Меньшее распространение получила идея малых черных дыр (МЧД), высказанная Хокингом[5]. Регистрация МЧД в космосе затруднена из-за

их удаленности. Наличие же их внутри Земли считалось маловероятным из-за малого сечения захвата и ограничений на время существования. Но в последнее время были приведены аргументы в пользу присутствия в Земле значительного числа малых черных дыр, или, более обще, отонов, (объектов общей теории относительности) [6]. Наличием таких объектов могут быть объяснены многие геофизические явления. Например, катастрофические извержения вулканов связываются со взрывами МЧД. Во всяком случае энергии, высвобождаемые при этих процессах, сопоставимы [7,8].

Одним из проявление существования отонов в Земле могут быть также кратковременные вариации производных гравитационного потенциала. В последнее время было проведено несколько экспериментов по обнаружении таких вариаций, в которых были обнаружены всплески как первой, так и второй производной потенциала [9,10]. Для большей достоверности экспериментальных данных необходим эксперимент с большим временем проведения и использованием нескольких независимых гравиметрических приборов. В данной работе проведены теоретические исследования ожидаемых результатов и приведены выражения, связывающие отонные характеристики с показаниями приборов.

2. Возможные траектории движения отонов в Земле.

Необходимо заметить, что регистрация отонных гравимпульсов (ОГИ) является довольно сложной и неоднозначной задачей. На ее решение накладывает ограничения регистрационные возможности приборов, количество отонов в Земле, вероятность их нахождения вблизи области проведения эксперимента, возмущения негравитационной природы (микросейсмы, техногенные факторы). В связи с этим представляется интересным анализ возможных траекторий отонов. Здесь, конечно, возможно множество вариантов, среди которых выделим два предельные: постоянной плотности Земли и представление основной ее массы в виде точки. Второй вариант соответствует гипотезе о существовании в центре Земли "зародышевого отона" [11]. В этом случае траекториями отонов будут эллипсы, в одном из фокусов которых находится центральный отон, причем параметры движения могут быть самыми различными, в зависимости от энергетических характеристик взаимодействующих отонов.

В случае постоянной плотности Земли МЧД будут также двигаться по эллипсам. Но теперь центр Земли будет совпадать с центром эллипсов и можно выделить одну характеристику, являющуюся постоянной для всех отонов.

Общий вид уравнения движения в центральном поле известен [12]:

$$(1) \quad \phi = \int \frac{K/r^2}{(2m(E - \Pi(r)) - K^2/r^2)^{1/2}} dr + C$$

Здесь r и ϕ - полярные координаты орбиты отона, m - его масса,

E и K - полная энергия и кинетический момент, являющиеся постоянными величинами, $\Pi(r)$ - потенциальная энергия центрального поля. В случае однородной Земли $\Pi(r)$ имеет вид [13]:

$$(2) \quad \Pi(r) = -\frac{2}{3}\pi G\rho (3R^2 - r^2)$$

где C - гравитационная постоянная, ρ и R - плотность и радиус Земли соответственно.

Подставляя (2) в (1) и интегрируя, получаем:

$$(3) \quad r = \left(\frac{P}{1 + \frac{xP}{K} \cos 2\phi} \right)^{1/2}$$

где

$$(4) \quad P = \frac{K^2}{mA}$$

$$(5) \quad x = \left(\frac{mA}{P} - \frac{4m^2\pi G\rho}{3} \right)^{1/2}$$

$$(6) \quad A = \left(E + \frac{3GMm}{R} \right)$$

M - масса Земли.

Период обращения можно оценить как отношение площади орбиты к секториальной скорости, равной $K/2m$:

$$(7) \quad T_0 = 2\pi m \frac{P}{\left(1 - \frac{x^2 P^2}{K^2}\right)^{1/2} K}$$

После соответствующих преобразований получается выражение:

$$(8) \quad T_0 = 2\pi \left(\frac{3}{4\pi G\rho} \right)^{1/2}$$

$$(9) \quad T_0 = 2\pi \left(\frac{R^3}{GM} \right)^{1/2}$$

В уравнения (8) и (9) не входят никакие характеристики отонов, то есть все они будут обращаться вокруг центра Земли с одинаковым периодом. Такой же результат получен и в работе/4.1./ . Оказывается, что величина этого периода, равная 5067.7с, обладает одним интересным свойством. Период обращения Земли вокруг оси T_e равен 86164с.

Отношение этих двух периодов $T_3/T_0 = 17,003$ очень близко к целому числу. Это значит, что все орбиты являются кратными, и через сутки каждый отон должен подходить к одной и той же области земной поверхности. Учитывая этот факт, можно оценить количество отонов различной массы, необходимое для их регистрации в течение суток.

3. Вариации производных гравитационного потенциала и параметры отонов

Современные приборы [13,15] регистрирует первую вертикальную производную гравитационного потенциала (гравиметры):

$$(10) \quad \frac{\delta W}{\delta z} = g = \frac{Gmz}{r^3}$$

и вторые производные (вариометры):

$$(11) \quad \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{\delta W}{\delta z} \right) = W_{xz} = -\frac{3Gmzx}{r^3}$$

$$(12) \quad \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{\delta W}{\delta x} \right) = W_{xx} = \frac{Gm(r^2 - 3x^2)}{r^3}$$

где r - расстояние от прибора до отона, z и x - координаты последнего.

Формулы (10) - (12) получены с условием того, что ось z направлена по радиусу от точки наблюдения к центру Земли, а ось x касательна к поверхности Земли в этой же точке. Принимая за предел чувствительности вариометров $1E$ и гравиметров $1\mu\text{Гал}$, можно оценить радиусы регистрации (X_r) отонов различной массы на различной глубине z . Для уверенного отождествления ОГИ желательна синхронная регистрация обоими приборами. Поэтому будет оправданным взять для оценки радиуса регистрации меньшее значение (то есть его величину для вариометра). Определив величину X_r , необходимое количество отонов можно найти как отношение площади земной поверхности к площади регистрации, умноженной на кратность.

Но этот вариант является, конечно, идеальным, так как плотность Земли непостоянна. Если предположить, что основная масса Земли сконцентрирована в ее центре, то период обращения дается формулой:

$$(13) \quad T_0 = 2\pi \sqrt{GM \left(\frac{m}{2E} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Как видно, в этом случае величина периода зависит не только от поля, но и от характеристик отонов, хотя возможны, как один из вариантов, и кратные орбиты.

Необходимо отметить еще одну деталь. Отоны, даже имевшие

одинаковую кратность, могут двигаться по орбитам с различными эксцентриситетами, что также существенно влияет на условия регистрации. Если эксцентриситет мал, то МЧД имеет значительную тангенциальную скорость и, следовательно, очень быстро проходит область регистрации. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только те объекты, для которых тангенциальная скорость относительно прибора является лишь следствием обращения Земли вокруг оси (линейная скорость на широте $55^\circ \nu_0 = 267 \text{ м/с}$).

В таблице 1 приведены оценки необходимого для регистрации ОГИ в Течение суток числа отонов различных масс при различных координатах z апоцентров орбит ($x=0$).

Прочерки в таблице означает, что на такой глубине отон данной массы не регистрируется.

Конечно, прохождение отона вблизи регистрирующей аппаратуры является маловероятным событием. Маловероятно также и число МЧД порядка нескольких сотен и более. Но, как видно из таблицы, если существует отоны с массами более 10^{18} кг , то при достаточной длительности наблюдения они могут быть зарегистрированы на расстояниях более 1000 км.

Как уже отмечалось, в последнее время были проведены эксперименты, в которых зарегистрированы вариации производных гравитационного потенциала [9,10]. Но используемая в них аппаратура позволяла зафиксировать лишь сам факт вариации без ее временного разрешения. Это объясняется тем, что современные гравиметрические приборы [13,15] не рассчитаны на регистрацию отонных гравимпульсов, одной из характерных особенностей которых является их кратковременность (порядка нескольких минут). Используемая аппаратура работала в дискретном режиме и, естественно, не могла отразить временного спектра сигнала. Увеличение же частоты измерений приводило, в силу конструктивных особенностей, к уменьшению общего времени записи, что также является нежелательным, так как уменьшает вероятность прохождения отона через область регистрации во время эксперимента.

Непрерывная запись, отражающая временную структуру ОГИ, значительно расширяет возможности интерпретации экспериментальных данных. Уже сам вид спектра сигнала позволяет делать определенные качественные оценки. Для примера рассмотрим две траектории отона с апоцентрами, лежащими в области регистрации.

1. Апоцентр находится на линии измерительный прибор - центр Земли ($x=0$).
2. Апоцентр находится на поверхности Земли в стороне от прибора ($z=0$).

В первом случае гравиметр регистрирует симметричный параболический сигнал. Во втором должны наблюдаться два всплеска различной амплитуды, имеющих вид несимметричных парабол. По относительной амплитуде сигналов можно определить, кроме того, уходящий это отон, или летящий навстречу.

При одновременной непрерывной регистрации величин Δg , ΔW_{xz} , ΔW_{xx} можно сдержать и количественные оценки параметров МЧД. Так, текущее направление на регистрируемый отон определяется выражением:

$$(14) \quad \alpha = \frac{1}{2} \arccos \left[\frac{\Delta W_{xz}}{3} \left(\frac{\Delta W_{xz} \pm \Delta W_{xx} \left(8 + 9 \frac{\Delta W_{xx}^2}{\Delta W_{xz}^2} \right)}{\Delta W_{xx}^2 + \Delta W_{xz}^2} \right) \right]$$

Если через x обозначить соотношение $\Delta W_{xx} / \Delta W_{xz}$, то расстояние до МЧД:

$$(15) \quad r = 1.225 \frac{\Delta g}{\Delta W_{xz}} \left(\frac{3x^2 \pm x(8 + 9x^2)^{1/2} + 2}{1 + x^2} \right)^{1/2}$$

Проведя ряд последовательных измерений, по формулам (14) и (15) можно определить траекторию отона.

Основной характеристикой отона является его масса. Одновременное измерение указанных выше величин позволяет определить также и ее. Формула имеет вид:

$$(16) \quad m = 3.674 \frac{\Delta g^3 \left(3x^2 \pm x(8 + 9x^2)^{1/2} + 2 \right)}{G \Delta W_{xz}^2 \left[\left(1 + x^2 \right) \left(3x^2 \mp x(8 + 9x^2)^{1/2} + 4 \right) \right]^{1/2}}$$

Проблема неопределенности знака в формулах (14) - (16) разрешается рядом последовательных измерений и определением массы. Дело в том, что масса, вычисляемая по формуле (16) постоянна только при определенном выборе знака (при идеальной точности достаточно измерений в два момента времени).

В таблице 2, в качестве примера, приведены значения расстояния до отона и его массы, вычисленные по показаниям гравиметрических приборов. Направление на отон постоянно и равно 45° . Это сделано с целью упрощения расчета, так как в этом случае вторые производные связаны простым соотношением: $\Delta W_{xx} = 3\Delta W_{xz}$. Формулы (15) и (16) переходят в, соответственно:

$$(17) \quad r = 2.122 \frac{\Delta g}{\Delta W_{xz}}$$

и

(18)

$$m = 5.029 \frac{\Delta g^3}{G \Delta W^2_{xz}}$$

Таким образом, при наличии в Земле МЧД с массами порядка 10^{18} кг весьма вероятной является их регистрация по гравитационному импульсу при соответствующих условиях эксперимента.

Условиями успешного проведения эксперимента, уверенного отождествления МЧД по гравимпульсу и определения ее характеристик является:

- 1) наличие нескольких идентичных приборов (минимум трех), позволяющих производить синхронную регистрацию как первых, так и вторых производных гравитационного потенциала;
- 2) отсутствие факторов техногенного воздействия;
- 3) длительное время проведения (порядка нескольких суток);
- 4) непрерывная запись гравитационных возмущений с целью получения временного спектра сигнала и определения отонных характеристик.

При благоприятных условиях возможна, конечно, и регистрация отонов с массами менее 10^{18} кг.

Литература

- [1] S. Chandrasekhar, Ap. J., 74, 61 (1931)
- [2] J.R. Oppenheimer, H.Snyder, Phys. Rev., 56, 455 (1939)
- [3] B. Margon, Ann. Rev. Astron. Astroph., 20, 507 (1984)
- [4] M.J. Rees et al., Nature, 295, 17 (1982)
- [5] S. Hawking, Month. Notic. Roy Astron. Soc., 152, 75, (1971)
- [6] А.П.Трофименко, Astrophys. and Space Sci., 168, 277 (1990)
- [7] А.П.Трофименко, Fizika, 22, 545, (1990)
- [8] J.Gribbin, New Scientist, 1732, 25, (1990)
- [9] А.П.Трофименко, Fizika, B1, 169, (1992)
- [10] А.П.Трофименко, Astrophys. and Space Sci., 199, 1, (1993)
- [11] M.J.Fogg, Spec. Sci. and Tech., 13, 20 (1989)
- [12] М.А.Айзерман, Классическая механика. Москва, Наука, 1980
- [13] Н.П.Грушинский, Основы гравиметрии, Москва, Наука, 1983
- [14] Н.Г.Сялко, А.П.Трофименко, В.В.Митянок. Траектории движения отонов в приближении к реальности модели земного шара. - Астрофизика и геофизика отонов. Минск. 1997.
- [15] Гравиразведка. Под ред. Е.А. Мудрецовоу, К.Е. Веселова, Москва, Недра 1990

Таблица 1.

Z, км	0	50	100	250	500	750	1000
10^{10}	366480	-	-	-	-	-	-
10^{11}	78957	-	-	-	-	-	-
10^{12}	17011	-	-	-	-	-	-
10^{13}	3665	-	-	-	-	-	-
10^{14}	790	1656	-	-	-	-	-
10^{15}	171	187	296	-	-	-	-
10^{16}	37	38	40	606	-	-	-
10^{17}	8	8	9	9	18	140	-
10^{18}	2	2	2	2	2	3	3
10^{19}	1	1	1	1	1	1	1
10^{20}	1	1	1	1	1	1	1

Таблица 2.

$\Delta g, \mu \text{ Гал}$	$\Delta W_{\text{гг.в}}$	r, км	m, кг
0,5	1	1061	$9,4 \cdot 10^{16}$
0,5	5	212	$3,8 \cdot 10^{15}$
0,5	10	106	$9,4 \cdot 10^{14}$
1	1	2122	$7,5 \cdot 10^{17}$
1	5	424	$3,0 \cdot 10^{16}$
1	10	212	$7,5 \cdot 10^{15}$
3	1	6366	$2,0 \cdot 10^{19}$
3	5	1272	$8,1 \cdot 10^{17}$
3	10	636	$2,0 \cdot 10^{17}$