

О ВОЗМОЖНЫХ ЭФФЕКТАХ, СВЯЗАННЫХ С МАЛЫМИ ЧЕРНЫМИ ДЫРАМИ

© А.Г.Пархомов

Рассмотрены малые черные дыры (МЧД), движущиеся в гравитационном поле системы Земля-Луна, орбиты которых частично проходят в недрах Земли. Сделаны оценки эффектов, связанных с взаимодействием МЧД с веществом Земли. Показано, что МЧД, имеющие массу $>10^{13}$ кг, уже прекратили свое внеземное движение; МЧД с массой $10^{12}-10^{13}$ кг интенсивно поглощаются Землей в современную эпоху. Показано, что при достаточно низкой скорости движения МЧД относительно Земли происходит их "застревание" в веществе Земли, в том числе, вблизи ее поверхности. Показано, что время движения МЧД в недрах Земли до их остановки много меньше времени существования Земли. Рассмотрены эффекты, связанные с движением быстрых (скорость более 10^4 м/с), медленных (скорость порядка 10 м/с) и остановившихся вблизи поверхности Земли МЧД.

POSSIBLE EFFECTS CONNECTED WITH SMALL BLACK HOLES

A.G. Parkhomov

Small black holes (SBH) moving in gravitational field of Earth-Moon system with orbits partially passed in the entrails of the Earth are considered. The effects connected with interaction of SBH with matter of the Earth are estimated. It is shown that SBH with mass $> 10^{13}$ kg now discontinues their moving; SBH with mass $10^{12} - 10^{13}$ kg absorbs by the Earth in contemporary epoch. It is shown that time of moving of SBH inside the Earth considerably smaller then Earth existence. It is shown that very slow SBH are able to stick in the earth matter including surface stratum of the Earth. Effects connected with fast SBH (velocity $>10^4$ m/s), slow SBH (velocity ~ 10 m/s) and SBH stopped near earth surface are considered.

Черная дыра (ЧД) - сгусток вещества настолько плотный, что его гравитация не позволяет свету выйти за пределы "горизонта событий" - сферы, имеющий радиус $R_g = 2GM/c^2 \approx 1,5 \cdot 10^{-27} M$ ($G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$ - гравитационная постоянная, M - масса, кг, $c = 2,998 \cdot 10^8$ м/с - скорость света) [1,4,7]. ЧД - закономерный результат эволюции звезд, имеющих массу больше трех солнечных. Поскольку эти объекты сами по себе практически ничего не излучают, обнаружить их трудно, но тем не менее это удается сделать по косвенным признакам, по проявлениям их гравитации. В последние годы астрономам удалось обнаружить десятки объектов, которые можно отождествить с такими черными дырами. Значительно более крупные ЧД с массой до миллиарда солнечных обнаружены в ядрах галактик и в центрах шаровых звездных скоплений. Исследованию массивных ЧД посвящено огромное число научных работ. Значительно меньшее внимание уделяется ЧД, масса которых много меньше масс, характерных для звезд. А между тем, анализ предполагаемых свойств малых черных дыр (МЧД), которые, по видимому, широко распространены во Вселенной, приводит к весьма

интересным результатам. При массе меньше 10^{17} кг (примерно такую массу имеет вода в Черном море) радиус ЧД меньше размеров атома, и ее можно рассматривать как своеобразную элементарную частицу, взаимодействующую с окружающей средой преимущественно гравитационно. Вблизи горизонта событий происходят два процесса: *аккреция* - поглощение окружающего вещества, *увеличивающее* массу МЧД, и *квантовое испарение* - испускание элементарных частиц высоких энергий, *уменьшающее* массу [4,7,16]; кроме того, при движении МЧД происходит ее торможение. Согласно [16], аккреция преобладает у МЧД с массами больше 10^{12} кг. При меньших массах МЧД "худеет" с возрастающей скоростью: если время существования МЧД с массой 10^{12} кг составляет несколько миллиардов лет, МЧД с массой 10^7 кг взрывообразно разрушается за время порядка секунды.

Можно предположить, что МЧД играли важную роль в процессах конденсации вещества при образовании небесных тел, в том числе, Земли [7,8]. После образования небесных тел МЧД остаются гравитационно связанными с ними, двигаясь по орбитам, некоторые из которых могут частично или полностью находиться в недрах небесного тела.

Возможные геофизические проявления МЧД рассмотрены в работах [1,7-10,15-17]. Показано, что в недрах Земли может находиться значительное количество МЧД с массами до 10^{20} кг. Высказано предположение о том, что МЧД могут быть причиной ряда не имеющих удовлетворительного объяснения геофизических явлений.

Расчеты, сделанные в этих работах, не учитывали торможения МЧД веществом Земли. Учет торможения МЧД позволяет уточнить сделанные ранее выводы и предсказать целый ряд доступных для проверки явлений, связанных с этими объектами.

ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЧЕРНЫХ ДЫР В ВЕЩЕСТВЕ

Оценка потерь энергии при движении МЧД в веществе сделана в работе Гринштейна и Бернса [13], использовавших аналогию между электростатическим взаимодействием заряженных элементарных частиц с веществом и гравитационным взаимодействием с веществом ЧД микроскопических размеров. В работах [1,5] показано, что при движении МЧД в веществе при скоростях, малых по сравнению со скоростью света (в том числе при скоростях близких к нулю), потери энергии с погрешностью не более 100% можно оценить по формуле

$$dE/dx=130G^2M^2\rho \quad /V^2$$

(1)

где v - скорость МЧД, m/c , ρ - плотность вещества, $кг/м^3$. Исходя из формулы (1), нетрудно рассчитать длину пробега до остановки МЧД, имеющей начальную скорость v_0 :

$$X=1,9 \cdot 10^{-3} v_0^4 \quad /G^2 M \rho$$

(2)

и время движения до остановки:

$$t=2,6 \cdot 10^{-3} v_0^3 \quad /G^2 M \rho$$

(3)

На пути ΔX , малом по сравнению с пробегом, МЧД теряет долю своей энергии

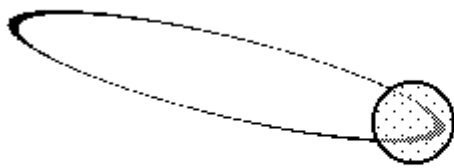
$$\Delta E/E=260G^2\rho M \Delta X \quad /V^4$$

(4)

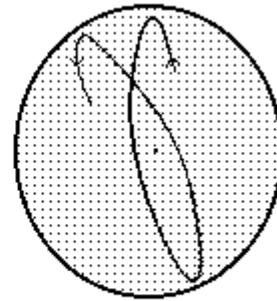
Подставив в (2) характерные для движения в недрах Земли величины $v=5 \cdot 10^3 m/c$ и $\rho=5 \cdot 10^3 кг/м^3$, получим для МЧД с массой $10^{15} кг$ пробег $X=5,3 \cdot 10^{13} м$, что превышает размер солнечной системы; МЧД с меньшими массами имеют пробеги еще больше. На первый взгляд, этот результат производит впечатление практической беспредельности движения МЧД в недрах Земли. Но оценим время движения такой МЧД до остановки по формуле (3): $t=1,5 \cdot 10^{10} с = 500 лет$ - время, ничтожно малое по сравнению с историей Земли. Самые легкие МЧД, которые могут находиться в Земле, имеют массу порядка $10^{10} кг$ [7]. Время их движения в земных недрах до остановки - около 50 миллионов лет. Это время тоже много меньше времени существования Земли, но уже сопоставимо с продолжительностью геологических процессов.

ОРБИТАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ МЧД ОКОЛО ЗЕМЛИ И В ЕЕ НЕДРАХ

При однократном пролете через Землю МЧД теряет очень малую часть своей энергии. Поэтому захват Землей МЧД, движущихся по орбитам в Солнечной системе или приходящих из межзвездного пространства, невозможен. Пополнение недр Земли может происходить только за счет МЧД, движущихся в гравитационном поле системы Земля-Луна и многократно тормозящихся земным веществом.



1 этап



2 этап

Рассмотрим МЧД, в начале своей эволюции имевшую орбиту с апогейным расстоянием, много большим радиуса Земли, и перигеем в недрах Земли (см. рисунок, этап 1). Скорость движения МЧД вблизи перигея v_p - около 11 км/с, а путь, проходимый ею в недрах Земли порядка радиуса Земли. Согласно соотношению (4), при однократном торможении в Земле она теряет примерно $2 \cdot 10^{-24} M$ часть своей энергии. Многократное повторение таких воздействий приводит к постепенному сокращению периода обращения от многих суток примерно до 1 часа, когда апогей коснется поверхности Земли. После этого процесс торможения МЧД резко ускоряется (этап 2).

Оценка продолжительности эволюции орбиты до погружения апогея в недра Земли сделана в работе [5]:

$$t = 4,7 \cdot 10^9 a_0^{3/2} M^{-1} \text{ лет}$$

(5)

где a_0 - начальная величина полуоси орбиты МЧД. Устойчивые орбиты в системе Земля-Луна возможны при расстояниях от Земли до 900000 км [6]. Такое начальное апогейное расстояние имели самые "долгоживущие" из проникающих в Землю МЧД. Учитывая, что большая полуось высокоэксцентричных орбит вдвое короче апогейного расстояния, получим для таких МЧД время выходящего за пределы Земли движения:

$$t = 4,5 \cdot 10^{22} M^{-1} \text{ лет.}$$

(6)

Отсюда следует, что МЧД с массами, большими 10^{13} кг, перигеи которых находились под поверхностью Земли, уже прекратили свое внеземное движение. В современную эпоху происходит поглощение МЧД с массами 10^{12} - 10^{13} кг. Орбиты более легких МЧД за время существования Земли не успели сильно измениться и большинство их при своем движении выходят за пределы Земли. Следует отметить, что МЧД, имевшие в период образования Земли

массу порядка 10^{11} кг и меньше, к настоящему времени уже исчезли в результате квантового испарения.

МЧД С МАЛЫМИ СКОРОСТЯМИ. ЗАХВАТ МЧД ВЕЩЕСТВОМ ЗЕМЛИ

Рассмотрим орбитальное движение МЧД после "погружения" ее в недра Земли. Скорость вблизи апогея меньше скорости в перигее; потери кинетической энергии МЧД, движущейся в недрах Земли, при снижении скорости возрастают очень резко, пропорционально v^4 . Поэтому потеря скорости МЧД происходит преимущественно вблизи апогея, что приводит к постепенному возрастанию различия между большой и малой полуосями орбиты [3]. В конце концов, движение становится близким к радиальным колебаниям.

Потеря энергии МЧД на единице пути равна силе, действующей на нее в направлении, противоположном движению. В соответствии с соотношением (1), по мере снижения скорости движения потери энергии (а следовательно, и действующая на МЧД сила) возрастают. При достаточно низкой скорости сопротивление движению МЧД становится больше ее веса и МЧД "застревает" в окружающем веществе. Приравняв (1) весу Mg , оценим скорость v_c , при движении медленнее которой МЧД захватывается веществом:

$$v_c = \sqrt{12G(M\rho/g)} \quad (7)$$

Из этой формулы следует, что МЧД с массой 10^{13} кг захватывается веществом плотностью $3 \cdot 10^3$ кг/м³ при снижении ее скорости до 5 см/с. На первый взгляд такое снижение скорости МЧД маловероятно. На самом же деле, такой финал эволюции орбит значительной части МЧД вполне закономерен. Это происходит с МЧД, имеющими низкую скорость движения вблизи апогеев. Таким свойством обладают орбиты, сильно отличающиеся от круговых. Например, МЧД, орбита которой имеет минимальное расстояние до центра Земли 70 км и апогей у поверхности Земли, движется вблизи апогея со скоростью 100 м/с. Орбита может быть ориентирована таким образом, что разность скорости МЧД и скорости движения вещества Земли в результате ее суточного вращения (которая на экваторе равна 460 м/с) окажется меньше нескольких десятков м/с. В этом случае, пройдя расстояние не более нескольких сотен км (см. формулу 2), МЧД прекратит свое движение относительно вещества Земли. Дополнительным фактором, способствующим остановке МЧД, являются

гравитационные аномалии вблизи горных массивов и геологических разломов. Важно отметить, что захват МЧД, орбиты которых первоначально выходят за пределы Земли, с наибольшей вероятностью происходит именно вблизи поверхности Земли, после погружения в нее апогея, так как здесь скорость МЧД минимальна, а скорость движения вещества максимальна. Вследствие того, что эволюция орбит МЧД состоит в их "сплющивании" при незначительном уменьшении расстояния апогея от центра и быстром снижении скорости в апогее, апогейная скорость, если она первоначально слишком велика для захвата МЧД веществом, после некоторого числа оборотов станет ниже и возможность захвата появится. При этом, погружение апогея в глубь Земли будет незначительным.

Таким образом, анализ движения МЧД в земных недрах приводит к парадоксальному выводу: они, в основном, "оседают" не в области с минимумом потенциальной энергии (около центра Земли), а преимущественно вблизи поверхности, имея значительный запас потенциальной энергии (точно так же маятник с заржавевшей осью останавливается не в нижнем, а в верхнем положении: при "сухом" трении потери энергии, как и при движении МЧД, резко возрастают при снижении скорости). Такое положение не является стабильным. Оно может быть нарушено в результате движения окружающего вещества относительно МЧД со скоростью, превышающей критическую скорость захвата. Эта скорость может быть превышена, например, при сейсмических явлениях. В результате, МЧД либо продвинется на некоторое расстояние и "осядет" на новом месте, либо, если наберет достаточно большую скорость, может подняться над поверхностью Земли или же начнет ускоренно двигаться к центру Земли. Совершив некоторое число колебаний, МЧД опять "застрянет", но уже ближе к центру, чем раньше. Таким образом, происходит постепенное перемещение осевших в Земле МЧД к центру Земли.

ВОЗМОЖНЫЕ ЭФФЕКТЫ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ЗЕМНЫМИ МЧД

МЧД в недрах Земли и вблизи ее поверхности можно разбить на три группы в зависимости от скорости их движения:

- космические, движущиеся со скоростью около 10 км/с и выше. Это МЧД, движущиеся в гравитационном поле системы Земля-Луна и пронизывающие Землю в перигеях, а также МЧД, приходящие из дальнего космоса;
- медленные, имеющие скорость до нескольких сотен м/с;
- захваченные веществом Земли.

Рассмотрим возможные проявления МЧД, принадлежащих к каждой из этих групп.

1. Космические МЧД.

Пронизывая Землю, космические МЧД передают часть своего момента импульса, меняя скорость ее вращения. Оценка величины этого эффекта, сделанная в работе [5], показывает его незаметность: МЧД массой 10^{13} кг, пронизывающая Землю со скоростью 11 км/с, изменяет период ее вращения на 10^{-14} с, что лежит за пределами возможностей современных измерений.

Оценка масштаба *локальных* эффектов, которые можно ожидать у поверхности Земли при влете (вылете) из нее МЧД массой 10^{13} кг со скоростью 11 км/с сделана в работе [5]. Вдоль трассы в зоне радиуса порядка 0,5 мм в воздухе и 0,05 мм в твердом веществе произойдут значительные изменения вещества: сильный нагрев, разрушение кристаллической решетки, химические изменения и т.п. На расстоянии до 8 м притяжение к МЧД превысит вес объектов. Скорость V , приобретаемая незакрепленными объектами, расположенными на расстоянии r от трассы можно оценить по формуле: $V=2GM/vr$. В виду кратковременности воздействия (порядка 10^{-3} с) приобретаемая скорость невелика: около 10 см/с на расстоянии 1 м. Таким образом, находящийся недалеко от трассы пролета "типичной" МЧД человек услышит хлопок, связанный с процессами в ближней к трассе зоне и, возможно, увидит небольшие передвижения некоторых предметов. Скорее всего он не обратит на эти явления никакого внимания, связав их с каким-либо отдаленным выстрелом, взрывом или пролетом сверхзвукового самолета. Если же трасса пройдет через тело человека, это может закончиться его гибелью, причем вызвавшие смерть телесные повреждения будут малозаметными. Некоторые из известных случаев внезапной смерти здоровых людей, вполне возможно, связаны с воздействием космических МЧД.

Эффекты, производимые более массивными МЧД, могут быть значительно сильнее. Обсуждается гипотеза о том, что тунгусский феномен 1908 года, охвативший территорию площадью порядка 1000 км^2 , был вызван черной дырой массой 10^{18} - 10^{19} кг [12,14].

2. Медленные МЧД.

Рассмотрим эффекты, которые должны вызывать медленные МЧД, движущиеся у поверхности Земли, например, МЧД массой 10^{13} кг, со скоростью 10 м/с. Такую скорость могут иметь "апогейные" МЧД или МЧД, высвобожденные

из места захвата их веществом в результате сейсмического или иного воздействия. Превышение ее притяжения над тяготением Земли, так же как и в рассмотренном выше случае космического МЧД такой же массы, будет наблюдаться на расстоянии до 8 м. Но время действия и, соответственно, сообщаемые объектам скорости возрастут на 3 порядка. Незакрепленные объекты начнут двигаться со скоростями $V=130/r$, где r - расстояние до трассы. Таким образом, заметные передвижения предметов, независимо от их массы, могут наблюдаться на расстояниях более 100 м от трассы, а на расстояниях до 10 м сообщаемая скорость составляет 10 м/с и выше.

Радиус зоны сильных изменений вещества, согласно [5], составляет примерно 1,3 см в воздухе и 0,1 мм в твердом веществе. Резкое сжатие и последующее расширение вещества в этой зоне должны производить сильные акустические эффекты.

Если медленные МЧД существуют и выходят из земных недр, их появление не может остаться незамеченным. И действительно, загадочные явления, очень напоминающие вышеописанную картину, наблюдались неоднократно. Вот выдержка из описания событий, которые произошли 25 декабря 1967 г. в Москве на улице Осипенко "...вдруг вода из ванны поднялась и выплеснулась вместе с бельем. Меня подбросило и ударило о стену. Пол в ванной вспучился. В комнате повалило холодильник, телевизор, комод... Соседний дом оторвался чуть выше первого этажа, поднялся в воздух, завис и лишь потом, рухнув, развалился... Были зарегистрированы случаи "мягкого приземления" людей, отброшенных на значительные расстояния." Подобные катастрофы не так уж редки. Только в последние годы похожие события произошли в Москве в 1988, 1991 и в 1994 г. Информация о целом ряде подобных феноменов собрана геофизиком Е.Барковским, на возможную связь их с МЧД указал А.П.Трофименко [7]. Можно предположить, что известные события в г. Сасово Рязанской области [11] также связаны с выходом из Земли медленной МЧД.

Рассмотрим теперь, как может проявлять себя медленная МЧД, движущаяся в атмосфере. Если атмосфера находится в устойчивом состоянии, МЧД малозаметна ввиду малости размеров области, где происходят сильные изменения воздуха (несколько сантиметров от трассы). Если же движение медленной МЧД происходит в неустойчивой атмосфере, насыщенной влагой, при наличии воздушных потоков, явления могут быть значительно более масштабными. Потоки воздуха, по мере приближения к МЧД, вследствие ее гравитационного притяжения резко увеличивают скорость и закручиваются,

образуя вихрь; в быстро движущемся воздухе происходит понижение температуры, конденсация влаги, падает давление. Масштаб явления возрастает за счет энергии, накопленной в воздухе: возникает смерч. Это грозное явление до сих пор не имело удовлетворительного объяснения. Предположение о наличии в смерчах МЧД делает это явление вполне понятным [7].

3.Захваченные черные дыры

МЧД, захваченные недалеко от поверхности Земли, могут проявлять себя гравитационными аномалиями, тепловыделением и излучением частиц высокой энергии при квантовом испарении.

Гравитационные аномалии на поверхности Земли достигают величины $5 \cdot 10^{-4}$ от нормальной силы тяжести [2]. Такие аномалии могут создавать МЧД массой 10^{13} кг, находящиеся на расстоянии 370 м.

Удовлетворительной оценки термических эффектов, связанных с МЧД, пока не существует. Согласно [4,7], в результате поглощения вещества литосферы и квантового испарения МЧД массой 10^{13} кг выделяет мощность порядка 10^7 Вт, испуская нейтрино, фотоны, заряженные лептоны, барионы. Находящиеся вблизи поверхности Земли объекты со столь высоким энерговыделением производили бы термические и радиационные эффекты, которые невозможно было бы не заметить. Но вышеприведенные оценки, как указано в работах [1,5,7], сильно завышают величину эффектов, потому что они не учитывают установление между МЧД и окружающим веществом термодинамического равновесия.

Итак, эффекты, которые могут вызывать движущиеся или захваченные вблизи поверхности Земли МЧД, не выходят за рамки выявленных аномалий, т.е. данных, опровергающих предположение о наличии их в недрах Земли и в околоземном пространстве, нет. Напротив, некоторые загадочные явления (внезапные разрушения зданий, смерчи, Сасовский феномен и др.) получают разумное объяснение, если допустить их связь с МЧД. Но убедительные доказательства существования земных МЧД могут дать только целенаправленные поиски. Способы обнаружения МЧД понятны: исследование быстрых изменений гравитационного поля, гравитационных аномалий и температурных полей в недрах Земли, регистрация нейтринного излучения. Обнаружение МЧД, расположенных неглубоко под поверхностью Земли, позволило бы использовать их как экологически чистый "даровой" источник энергии.

Выражаю благодарность А.П.Трофименко, знакомство с основополагающими работами которого пробудило у автора интерес к проблеме земных черных дыр. Выражаю также благодарность сотрудникам астрономической секции Минского отделения Астрономо-геодезического общества, особенно В.С. Гурину и О.Л. Артеменко, за критический анализ этой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Астрофизика и геофизика отонов*, (Ред. А.П.Трофименко), Минск, АРТИ-ФЕКС, (1997), 88 с.
2. Грушинский Н.П, Сажина Н.Б., *Гравитационная разведка*, М., Недра,1988, 220 с.
3. Ландау Л.Д, Лифшиц Е.М., *Механика*, М., Наука, 1965, с.50.
4. Новиков И.Д, Фролов В.П., *Физика черных дыр*, М., Наука, 1986, 328 с.
5. Пархомов А.Г., *Малые черные дыры в Земле и околоземном пространстве. Взаимодействие с веществом. Возможные эффекты, доступные наблюдению*, М, МНТЦ ВЕНТ, 1995,17 с.
6. Рябов Ю.А., *Движения небесных тел*, М., Наука, 1988, 240 с.
7. Трофименко А.П.,*Черные дыры в физике Земли*, Минск., АРТИ-ФЕКС,1997, 110 с.
8. Трофименко А.П., *Белые и черные дыры во Вселенной*, Минск, Университетское, 1991, 176 с.
- 9.Трофименко А.П., *Rev.Roum.Phys.*, v.36, (1991), p.121-134.
10. Трофименко А.П., *Теория относительности и астрофизическая реальность*, Минск, Навука і тэхніка, 1992,166 с.
11. Черняев А.Ф., *Камни падают в небо*, М., Белые альвы, 1999, 224 с.
12. Beasley William H., Tinsley Brian A., *Nature*, v. 250, (1974), p.555-556.
13. Greenstein G., Burns J.O., *Amer. Journ. Phys*, v 52, (1984), p.531-534.
14. Jackson A.A.,Ryan Michael P., *Nature*, v.245, (1973), p.88-89.
15. Parker Barry, *Astronomy*, v.5, (1977), p.26-31.
16. Trofimenko A.P., *Astrophys. Space Sci.*, v.168, (1990), p.277-292.
17. Trofimenko A.P., Gurin V.S., *Earth, Moon and Planets*, v.61, (1993), p.67-77.