

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И АСТРОФИЗИКА**

УДК 530.12:530.51

### **СУЩЕСТВУЮТ ЛИ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ?**

**В. М. Самсонов, Е. К. Петров**

Тверской государственной университет  
*кафедра теоретической физики*

В развитие наших предыдущих работ сделан окончательный вывод о том, что компактные черные дыры, т.е. объекты со сверхвысокой плотностью, возникающие, в соответствии с общепринятыми представлениями, в результате гравитационного коллапса, не могут образовываться и существовать как реальные физические тела. Вместе с тем, введено понятие релятивистской черной дыры как области пространства принципиально недоступной для удаленного наблюдателя. Такая «относительная» черная дыра не предполагает высокой плотности материи и может интерпретироваться как Вселенная, принципиально недоступная для внешнего наблюдателя.

***Ключевые слова:** черная дыра, горизонт событий, общая теория относительности, гравитационный радиус, космические скорости*

**Введение.** Поводом к подготовке данной статьи послужило то обстоятельство, что в последнее время, т.е. осенью этого года по не вполне понятной для нас причине в Интернете и средствах массовой информации [1] появился ряд заметок, в которых в качестве сенсационного открытия иностранных ученых преподносится вывод о том, что черные дыры не существуют или, по крайней мере, не могут образовываться во Вселенной. В частности, ссылаются на работу [2], опубликованную в 2007 году. Одним из авторов данной работы является известный американский астрофизик Л. Кросс. К сожалению, эта работа была нам не известна. В работе [2] вывод о невозможности образования черных дыр (авторы используют термин «incipient black holes» – «зарождающиеся черные дыры») был сделан на основе достаточно интересных соображений, имеющих, однако, частный характер. Действительно, авторы приходят к своим выводам, используя формализм функционального уравнения Шредингера, т.е. исходя из синтеза теории гравитации и квантовой механики. Было показано, что испарение черной дыры путем «пре-хокинговского» (pre-Hawking) излучения приведет к тому, что удаленный (асимптотический, по терминологии [2]) наблюдатель никогда не увидит, что какой-либо

объект (пробное тело) упадет внутрь черной дыры. Кроме того, в [2] затрагивается проблема потери информации в черной дыре.

В наших же работах [3–6] были представлены более общие и более базовые обоснования невозможности образования черных дыр как реальных объектов Вселенной. Вместе с тем, выдвинута концепция компактной черной дыры как физической модели сингулярности шварцшильдовского типа. И хотя после учета ряда замечаний и пожеланий наша работа [5] была опубликована в центральном журнале, входящем в перечень ВАК, мы столкнулись с выраженным неприятием сделанных выводов рецензентами как российских, так и зарубежных научных журналов. В частности, в отзыве из «Журнала экспериментальной и теоретической физики» указывалось, что посланная им работа производит неоднозначное впечатление, и была бы актуальна 70 лет назад, когда еще не были предложены преобразования Крускала. Ниже будет показано, что к этим и другим подобным преобразованиям вряд ли стоит относиться серьезно. В рецензии из журнала “General Relativity and Gravitation” было указано, что наши взгляды противоречат представлениям о черных дырах, сложившимся за последние 40 лет. Рекомендовалось также ознакомиться с этими взглядами по известной монографии [7], одним из авторов которой является известный американский физик Дж. Уиллер, работавший в свое время с А. Эйнштейном. В результате более внимательного изучения данной монографии как в оригинале, так и в переводе на русский язык, мы еще больше утвердились в несостоятельности преобразований Крускала и представленного в [7] красочного описания того, насколько заманчиво выглядит мир в локальной системе отсчета, т.е. в системе отсчета удаленного наблюдателя и, вместе с тем, насколько плох мир, увиденный глазами удаленного наблюдателя. Подобно авторам работы [2], мы считаем, что земному исследователю гораздо интереснее и важнее с практической точки зрения картина мира в его системе отсчета, а не в системе отсчета неизвестно какого наблюдателя, падающего неизвестно куда и неизвестно когда. В рецензии из журнала «Classical and Quantum Gravity» указывалось, что мы смешиваем понятия горизонта событий и горизонта Киллинга. Опять-таки, рекомендовалась одна из книг с современной интерпретацией общей теории относительности (ОТО). Однако понятие горизонта Киллинга еще не является устоявшимся. В Википедии [8] представлена лишь краткая заметка по этой теме, которую уже лет пять не могут отредактировать и исключить из нее жаргон. К тому же, для черной дыры радиус горизонта Киллинга совпадает с общепринятым радиусом горизонта событий. Таким образом, мы вправе не оперировать

понятием горизонта Киллинга в нашем рассмотрении поставленной проблемы.

В процессе развития нашей собственной концепции и знакомства с научной литературой мы выяснили, что критическое отношение к концепции черной дыры характерно и для известного российского физика А.А. Логунова и его соавторов [9]. Об этом свидетельствует само название их работы. Еще в 80-х гг. вывод невозможности образования черной дыры был сделан в научно-популярной статье М.Е. Герценштейна [10], грамотного и оригинального исследования, который ранее публиковал свои научные статьи по ОТО в ЖЭТФ и «Известиях вузов. Физика». Однако мы уже обнаружили его статьи в этих журналах после публикации [10]. Все указанные выше публикации, демонстрирующие критическое отношение к концепции черной дыры, остались практически незамеченными специалистами.

Вместо этого бурно расцвели облаченные в строгую математическую форму фантазии на тему черной дыры. В частности, огромное число публикаций посвящено червеобразным черным дырам или кротовым норам. Считается, что именно по этим норам на Землю прибывают летающие тарелки из отдаленных мест нашей Вселенной и из других Вселенных.

**Компактная черная дыра как физическая модель.** В данной работе обобщаются полученные нами ранее результаты, связанные с нашей концепцией черной дыры как физической модели сингулярности. Компактной черной дырой мы называем черную дыру в обычном понимании, т.е. объект сверхвысокой плотности, который гипотетически может образовываться в результате гравитационного коллапса (сжатия) нейтронной звезды. Понятие гравитационного коллапса было введено Ю. Оппенгеймером и Г. Снайдером еще в 30-х гг. [11], основываясь на интерпретации решений Шварцшильда [12] уравнений Эйнштейна [13]. Как известно, общая теория относительности (ОТО) имеет геометрический и калибровочный характер. Различным вариантам калибровки [5, 14] могут отвечать совершенно разные с физической точки зрения решения. Если говорить более простым языком, то, как отмечал еще К. Шварцшильд [12], решения уравнений Эйнштейна для центрально-симметричного гравитационного поля содержат две постоянные интегрирования, которые даже в принципе нельзя определить в рамках ОТО, не привлекая с этой целью другую теорию гравитационного поля. Если положить равной нулю одну из этих постоянных  $\rho$  (в обозначениях К. Шварцшильда), то для компонент  $g_{00}$  и  $g_{11}$  метрического тензора получатся выражения

$$g_{00} = 1 - \alpha / r, \quad (1)$$

$$g_{11} = -(1 - \alpha / r)^{-1}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – вторая постоянная интегрирования,  $r \equiv x_1$  – радиальная координата, т.е. расстояние от точечной массы или центра шара, создающего гравитационное поле, до произвольно выбранной точки, находящейся вне источника гравитационного поля.

Без использования ОТО можно показать [15, 16], что в предельном случае слабого гравитационного поля, т.е. при

$$|\varphi| \ll c^2 \quad (3)$$

для  $g_{00}$  получается выражение

$$g_{00} = 1 + \frac{2\varphi}{c^2}. \quad (4)$$

Применительно к центрально-симметричному гравитационному полю условие (3) отвечает большим  $r$ . Если теперь положить, что гравитационный потенциал  $\varphi$  равен ньютоновскому потенциалу

$$\varphi_N = -\frac{GM}{r}, \quad (5)$$

где  $G$  – гравитационная постоянная,  $M$  – масса тела, создающего гравитационное поле, то находим, что

$$\alpha = \frac{2GM}{c^2}. \quad (6)$$

Постоянную  $\alpha$  назвали гравитационным радиусом тела или радиусом Шварцшильда, хотя сам К. Шварцшильд этого понятия не вводил. Легко видеть, что при  $r = \alpha$ , т.е. при  $\varphi = -c^2/2$ ,  $g_{00} = 0$ , а  $g_{11} \rightarrow -\infty$ . Бесконечно большое значение  $g_{11}$  интерпретируют как сингулярность решений Шварцшильда, а постоянную  $\alpha$  как радиус данной сингулярности. В [11] была выдвинута концепция, согласно которой в результате гравитационного коллапса (сжатия) массивного тела, например, нейтронной звезды, может уменьшаться до размера, отвечающего  $r = \alpha$ . Тогда ни частица вещества, ни свет не могут выйти за пределы поверхности радиуса  $\alpha$ . Сам термин «черная дыра» был введен гораздо позднее Дж. Уиллером [17].

Такие черные дыры, образующиеся гипотетически в результате гравитационного коллапса, мы будем называть компактными черными

дырами, поскольку эти объекты должны характеризоваться огромной плотностью. В [2] для такой черной дыры используется термин «incipient black hole» – «зародившаяся черная дыра». Несомненно, концепция черной дыры весьма интересна, но легко показать, что представленные выше обоснования физического смысла параметра  $\alpha$  и явления гравитационного коллапса шиты белыми нитками. Действительно, выражение (6) получается, если приравнять нулю правую часть соотношения (4), а последнее не выполняется при малых значениях  $g_{00}$ , т.е. значениях потенциала  $\varphi$ , стремящихся к  $-c^2/2$ .

Таким образом, необходимо признать: либо концепция черной дыры является полностью неадекватной, либо некорректна интерпретация постоянной  $\alpha$  как радиуса горизонта событий. Странно, что до нас на этот казус никто не обращал внимания. Первый весомый удар по концепции черной дыры был нанесен с совершенного иного фланга М. Крускалом [18], который предложил преобразования координат и времени, позволяющие сдвигать сингулярность в решениях Шварцшильда куда угодно, даже на бесконечность. В [7] отмечается несколько подобных преобразований, все они являются достаточно хитроумными, и одно из них было предложено известным российским астрофизиком И.Д. Новиковым. С одной стороны, преобразования Крускала являются искусственными: трудно даже отличить «новое» (преобразованное) время от преобразованной радиальной пространственной координаты. К тому же, они не имеют никакого физического смысла. С другой стороны, сдвиг сингулярности на бесконечность вряд ли можно считать решением проблемы этой сингулярности. На это указывают также авторы работы [9]. Фактически, если признать, что М. Крускал и его последователи получили физически адекватные результаты, то надо признать абсурдом отмеченные выше представления о сингулярностях в гравитационном поле и о черных дырах. Более, чем странно, что авторы монографии [7] как ни в чем ни бывало в восторженном стиле излагают как материал о преобразованиях Крускала и других подобных преобразованиях, так и о черной дыре, включая описание путешествия к ее центру.

Но вернемся к обсуждению понятий горизонта событий и гравитационного радиуса. В работах [3–5] нами было показано, что гравитационный радиус, определяемый как радиус горизонта событий, т.е. поверхности, для которой выполняется условие

$$\varphi = -c^2, \quad (7)$$

определяется формулой

$$R_G = \frac{GM}{c^2}, \quad (8)$$

в которой, в отличие от (6), отсутствует числовой множитель. Формула (8) была получена нами тремя способами: 1) из рассмотрения выражений для действия и функции Лагранжа пробной частицы в гравитационном поле; 2) на основе анализа выражения для энергии пробной частицы в гравитационном поле; 3) на основе определения горизонта событий как поверхности, для которой первая космическая скорость равна  $c$ . Последний вывод является элементарным, но физически адекватным. При выводе с использованием функции Лагранжа было показано, что в общем случае, т.е. в случае сильных гравитационных полей, для которых на выполняется условие (3), вместо (4) получается следующее более общее выражение для нулевой компоненты метрического тензора:

$$g_{00} = \left(1 + \frac{\Phi}{c^2}\right)^2. \quad (9)$$

Выражение (9) переходит в (4) при выполнении условия (3). Интересно, что при элементарном выводе [19, 20] выражение (6) для постоянной  $\alpha$ , традиционно интерпретируемой как радиус горизонта событий, допускает ошибку, которую тоже не замечали. Действительно, этот вывод исходит определения гравитационного радиуса тела как такого значения  $r$ , при котором вторая космическая скорость тела становится равной скорости света  $c$ . При этом забывают, что горизонт событий – это такая поверхность, за пределы которой не может выйти даже свет. Следовательно, как уже отмечалось выше, скорости света надо было приравнивать не первую, а вторую космическую скорость.

Однако обоснование отсутствия числового множителя в выражении для гравитационного радиуса вовсе не являлось основной целью наших предыдущих исследований. Тот факт, что выражение (8) выводится несколькими независимыми способами свидетельствует о том, что  $R_G$  действительно является некоторым важным линейным масштабом, характерной длиной. Это опровергает воззрения М. Крускала и его последователей, которые низвели понятие гравитационного радиуса до фикции. Следовательно, понятие черной дыры также имеет смысл, но лишь как физической модели, осуществление которой невозможно. Действительно, компонента  $g_{00}$  связывает промежуток времени  $d\tau$  в системе отсчета локального

наблюдателя с промежутком времени  $dt$  в системе отсчета удаленного наблюдателя:

$$d\tau = \sqrt{g_{00}} dt.$$

При  $g_{00} = 0$   $\tau \equiv 0$ . Следовательно, любимый персонаж многих известных чернотыроичников – локальный наблюдатель, запросто пересекающий по их мнению горизонт событий и падающий к центру черной дыры [7, 21, 22], не сможет осуществить этого даже за время жизни Вселенной, т.е., согласно имеющимся оценкам [23], за 20 миллиардов лет. Что толку от того, что мир представляется локальному наблюдателю более красочным, чем удаленному, как это утверждают авторы монографии [7], если и этот наблюдатель и его красочный мир – пустая фикция? Не ссылаясь на [7], по этому же поводу иронизируют и авторы работы [2]: «Физики держат часы в своих офисах, и они наблюдают процессы формирования и испарения *черной дыры* (добавлено автором данной работы) в этих системах отсчета».

Из формулы (10) следует как невозможность образования черной дыры в результате гравитационного коллапса, так и несостоятельность современной модели [21] ее внутреннего строения. Действительно, отказавшись от игр с локальным наблюдателем, мы сразу же приходим к выводу, что материя не может проникнуть из внешней области ( $r > R_G$ ) во внутреннюю область черной дыры ( $r < R_G$ ). Горизонт событий можно также определить как поверхность, через которую невозможен перенос энергии. Следовательно, несостоятельна и описываемая в [21] модель внутреннего строения черной дыры: центральная точка, в которой сосредоточена вся ее масса и пустота вплоть до горизонта событий. Если такая модель адекватна, то как же она совместима с введением в рассмотрении вращающихся (керровских) черных дыр и их момента инерции  $J$ ? Действительно, даже студент-первокурсник знает, что момент инерции материальной точки равен нулю. Как можно вести речь о вращении горизонта событий, т.е. фиктивной нематериальной поверхности и об обнаружении такого вращения внешним наблюдателем?

Сам Дж. Уиллер [24] бросил фразу «черная дыра не имеет волос», подразумевая под этим, что свойства черной дыры не должны наблюдаться, при  $r > R_G$ . Подробно этот тезис и его развитие обсуждаются в [25]. По сложившимся в этой области науки представлениям, черная дыра все же имеет некоторую растительность на своей плешивой голове, проявляя момент инерции  $J$  и электрический заряд  $Q$ . Мы же полагаем, что модель черной дыры в принципе несовместима с наличием у нее волос.

В науке о черных дырах существуют также представления об элементарных и малых черных дырах [25, 26], которые не могли образоваться в результате гравитационного коллапса, но, тем не менее, могли откуда-то приблудиться или образовываться в результате Большого Взрыва. Имеются даже специальная классификация черных дыр по размерам (см. таблицу в [27]). Из отмеченных выше соображений следует, что элементарные черные дыры (максимоны) также не могут образовываться и существовать как реальные объекты. Отсюда следует полная бесперспективность моделирования процесса образования черной дыры на Большом Адронном Коллайдере. Этот вывод представлен в завершающей части нашей работы [5]. Об этом же пишут и авторы работы [2].

**Концепция релятивистской черной дыры.** Выше было показано, что черную дыру в обычном понимании следует рассматривать как физическую модель, реализация которой невозможна за любой конечный промежуток времени, даже за гипотетическое время существования нашей Вселенной. Вместе с тем, в [6] обсуждалась еще одна модель, которую мы назвали релятивистской черной дырой и которая не связана с какими-то особыми объектами, имеющими сверхвысокую плотность. Представим себе, что в однородной, в некотором приближении, Вселенной выделена сфера произвольного радиуса  $R$ . Будем постепенно увеличивать радиус выделенной области пространства до тех пор, пока  $R$  не станет равным  $R_G$ . Тогда для удаленного наблюдателя ( $r \rightarrow \infty$ ) область  $r < R_G$  будет недоступна, т.е. сфера с радиусом  $R = R_G$  будет восприниматься как черная дыра, понимаемая, однако, в релятивистском смысле. Иначе говоря, центр такой черной дыры можно выбрать в любой точке бесконечной Вселенной. Для наблюдателя, находящегося в центре релятивистской черной дыры, недоступной будет внешняя область ( $r > R_G$ ). Очевидно, именно в этом смысле область, отвечающую  $r \leq R_G$  можно рассматривать как конечную Вселенную и с точки зрения удаленного (асимптотического) наблюдателя, и с точки зрения наблюдателя, находящегося в центре этой Вселенной.

В заключение этого раздела отметим, что основной причиной существования характерного радиуса  $R_G$ , а также минимального значения гравитационного потенциала  $\varphi_{\min} = -c^2$  является конечность скорости света  $c$ . Действительно, при  $c \rightarrow \infty$   $R_G \rightarrow 0$ , а  $\varphi_{\min} \rightarrow -\infty$ , т.е. взаимодействие распространялось бы мгновенно на бесконечно большое расстояние. В связи с этим, примечательно, что хотя в ОТО



гравитационное поле не считается материальной средой, большинство исследователей считает, тем не менее, что оно распространяется с конечной скоростью, равной скорости света.

**Заключение.** Как можно было понять уже из введения, информация о том, что публикации весьма авторитетных астрофизиков, разделяющих наши выводы о невозможности образования черных дыр как реальных объектов, способствовала тому, что мы в более откровенной и бескомпромиссной форме представили и дополнительно обосновали наши выводы.

На первый взгляд, к официальной черной дырочной науке, к публикациям о кротовых норах и о летающих тарелках можно относиться лишь с легкой иронией. На самом же деле, если подобные изыскания будут продолжаться в закрытом кругу «избранных», присуждаться ученые степени и присваиваться академические звания за предсказания новых типов кротовых нор, то это, несомненно, нанесет серьезный урон науке и надолго отодвинет решение проблем понимания природы гравитационного поля и управления этим полем.

Необходимы такие серьезные предварительные исследования и открытые научные дискуссии, предшествующие осуществлению таких дорогостоящих проектов, как создания Большого Адронного Коллайдера (Large Hydron Collider). Интересно, что его название, как и название модели Большой Взрыв (Big Bang), пишут с большой буквы подобно слову Бог. Как уже отмечалось выше, «чернодырочники» любят образный язык и красочные выражения. С одной стороны, автор пытается этому у них учиться, С другой стороны, недопустимо, чтобы в научную интерпретацию и научную дискуссию по физическим проблемам внедряли элементы психологического воздействия и манипулирования сознанием. К сожалению, таких примеров много, но их рассмотрение выходит за рамки данной работы.

### **Список литературы**

1. Кузина С.В. Астрономы потеряли черные дыры // Комсомольская правда. 21.10.2011.
2. Vachaspati T., Stojkovic D., Krauss L.M. Observation of incipient black holes and the information loss problem // Phys. Rev. D. 2007. V. 76. P. 024005-1–024005-15.
3. Самсонов В.М., Петров Е.К. О проблеме сингулярности в гравитационной физике // Вестник ТвГУ. Серия Физика. 2009. № 3. Выпуск 4. С. 70–79.

4. Самсонов В.М., Петров Е.К. Новый подход к однозначному определению радиуса Шварцшильда // Динамика сложных систем. 2009. Т. 3. № 1. С. 30–37.
5. Самсонов В.М., Петров Е.К. О физической интерпретации сингулярностей центрально-симметричного гравитационного поля // Письма в «Физику элементарных частиц и атомного ядра». 2011. Т. 8. № 1 (164). С. 223–231.
6. Самсонов В.М., Петров Е.К. Релятивистская модель бесконечной Вселенной // Вестник ТвГУ. Серия «Физика». 2010. Вып. 10. С. 59–70.
7. Мизнер Ч., Торн К., Уиллер Дж. Гравитация. Т.3. М.: Мир, 1977. 510 с.
8. Killing horizon // Wikipedia.
9. Киселев В.В., Логунов А.А., Мествиришвили М.А. Черные дыры: предсказания теории или фантазия? // Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2006. Т. 37. Вып. 3. С. 597–604.
10. Герценштейн М.Е. Существуют ли черные дыры? // Химия и жизнь. 1984. № 6. С. 79–83.
11. Оппенгеймер Ю., Снайдер Г. О безграничном гравитационном сжатии // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С. 153–361.
12. Шварцшильд К. // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М.: Мир, 1979. С.199-207.
13. Эйнштейн А. Основы общей теории относительности // Сборник научных трудов. Т. 1. М.: Наука. 1965. С. 452–504.
14. Fiziev P. The gravitational field of massive non-charged point source in general relativity // Arxiv: gr-qc/0412131V1 30 Dec 2004.
15. Паули В. Теория относительности. М.: Наука, 1983. С. 212–214.
16. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Наука, 1973. 504 с.
17. Wheeler J.A. Our Universe: the known and the unknown // Am. Sci., 1968. V. 59. P. 1.
18. Kruskal M.D. Maximal extension of Schwarzschild metric // Phys. Rev. 1960. V. 119. P. 1743–1745.
19. Бергман П. Загадка гравитации. М.: Мир. 1969. С. 169–172.
20. Каплан С.А. Физика звезд. М.: Наука. 1977. С. 109–111.
21. Пенроуз Р. Черные дыры // УФН. 1973. Т. 109. Вып. 2. С. 355–369.
22. Торн К.С. Путешествие среди чёрных дыр // Природа. 1988. № 8. С. 82-94.
23. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Теория тяготения и эволюция звезд. М.: Наука, 1971.
24. Ruffini R., Wheeler J. Relativistic Cosmology and Space Platforms // Proceeding of Conference on Space Physics. Paris. ESRO. 1971.

25. Марков М.А. Глобальные свойства вещества в коллапсированном состоянии («Черные дыры») // УФН. 1973. Т. 111. Вып. 1. С. 3–27.
26. Новиков И.Д., Фролов В.П. Физика черных дыр. М.: Наука, 1984. 328 с.
27. Фролов В.П. Черные дыры, квантовые процессы, термодинамика, астрофизика // Черные дыры. М.: Мир, 1978. С. 5–30.

## **DO BLACK HOLES EXIST?**

**V. M. Samsonov, E. K. Petrov**

Tver State University  
*Chair of Theoretical Physics*

In the follow-up of authors' previous works a final conclusion is made that compact black holes, i.e. objects with super-high densities arising, in accordance with the conventional point of view, after the gravitational collapse, cannot really appear and exist as physical bodies. At the same time, a concept of the *relativistic* black hole is put forward and justified. The black hole of this kind is defined as a spherical area principally inaccessible for a remote (asymptotic) observer. Matter of high density is not assumed for such a *relativistic* black hole which may be interpreted as a Universe which is in principle not accessible to the external observer.

**Keywords:** *black hole, event horizon, general relativity, gravitational radius, cosmic velocities*

### *Об авторах:*

САМСОНОВ Владимир Михайлович – доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики ТвГУ, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33; *e-mail*: samsonoff@inbox.ru;

ПЕТРОВ Евгений Кузьмич – старший научный сотрудник кафедры теоретической физики ТвГУ.