

Букалов А.В.

## О КВАНТОВОЙ ПРИРОДЕ ЧЁРНЫХ ДЫР

Центр физических и космических исследований, Международный институт соционики,  
ул.Мельникова, 12, г.Киев-50, 04050, Украина. e-mail: [bukalov.physics@socionic.info](mailto:bukalov.physics@socionic.info)

Описание черной дыры как квантового конденсата первичных фермионов в космологической модели со сверхпроводимостью (CMS), предложенной ранее автором, подтверждает гипотезы ряда авторов о внутреннем квантовании черной дыры. Из системы уравнений для гравитационной сверхпроводимости, полученной автором, следует, что полный гравитационный поток через горизонт событий эквивалентен площади этого горизонта. Квантование этого гравитационного потока эквивалентно квантованию горизонта событий – как для черной дыры, так и для космологического горизонта. При этом элементарным геометрическим квантом гравитационного потока является элементарная планковская площадь Бекенштейна. Из уравнений CMS также следует, что наблюдаемая Вселенная в целом – это результат почти полной компенсации сверхтекучего и нормального токов первичных фермионов при плотности этих токов близкой к планковской.

*Ключевые слова:* черная дыра, гравитационная сверхпроводимость, квантование горизонта событий, первичные фермионы, сверхтекучесть, Вселенная, темная энергия.

### 1. Введение

В настоящее время исследуется вопрос о квантовании чёрной дыры. Для квантования площади горизонта получены соотношения Бекенштейна–Муханова [48, 49, 50, 51]. Применение уравнения Шредингера для описания внутренней структуры чёрной дыры позволило описать её как аналог гравитационного атома [52]. В рамках космологической модели со сверхпроводимостью (CMS), предложенной автором [2, 4, 7, 8, 12, 13, 17, 20, 21, 25, 26, 27, 28, 40, 44], чёрные дыры можно рассматривать как конденсаты первичных фермионов с плотностью

$$\rho_{BH} = \frac{3}{8\pi} \frac{c^2}{G_N R_g^2} = \frac{m_B p_F}{4\pi^2 \hbar^3} \Delta_g^2, \quad (1)$$

где  $p_F = m_B v_F$  — импульс фермионов на поверхности Ферми,  $m_B = M_{pl} / (8\pi)^{1/2}$  — масса первичного фермиона, близкая к планковской,  $R_g$  — гравитационный радиус чёрной дыры. При этом энергетическая щель  $\Delta_g = \hbar c / R_g$  определяется величиной гравитационного радиуса, равной корреляционной длине взаимодействия первичных фермионов в конденсате:  $R_g = \xi_s$

### 2. Кванты геометрического потока и горизонт событий

Таким образом, различные подходы дают указания на квантовую природу чёрной дыры. В связи с этим возникает парадокс между определяемым максимальным хаосом на горизонте событий чёрной дыры, что выражается максимальной энтропией горизонта  $S_{BH} = \pi R_g^2 / L_{pl}^2$ , и предполагаемым квантованием внутри чёрной дыры. Этот парадокс может быть решен с использованием принципов синергетики. Известно, что в самоорганизующейся системе, индуцируемый максимальный хаос приводит к упорядоченности. Это хорошо видно на примере лазерного когерентного излучения, возникающего в результате интенсивной энергетической хаотической накачки системы атомов рабочего тела. Поэтому не удивительно, что под горизонтом событий чёрной дыры максимальный хаос может превратиться в упорядоченную структуру. Более того, для наблюдателя внутри чёрной дыры горизонт событий выглядит упорядоченной системой, откуда исходит информация с максимальным фиолетовым смещением.

То есть, для внешнего наблюдателя чёрная дыра выглядит системой с максимальной энтропией. А для внутреннего — системой с максимальной информацией, излучаемой горизонтом. И эти энтропия/информация определяются количеством планковских площадей на горизонте [1, 3, 4, 5, 7, 13, 24, 14, 22, 28, 31, 32, 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43].

Ранее автором была предложена система уравнений для гравитационной сверхпроводимости — гравитационный тензорный аналог уравнений Гинзбурга–Ландау для электронной сверхпроводимости [8, 33, 47].

При этом первое уравнение системы описывает сверхтекучий тензорный ток спаренных первичных фермионов.

$$G_{\mu\nu} = J_{\mu\nu} = -8\pi\Lambda_s \left( \frac{\Phi_B(0)}{4\pi} \nabla_\mu \theta \nabla_\nu \theta - g_{\mu\nu} \right). \quad (2)$$

где  $\Phi_B(0) = 4L_p^2$  — элементарный геометрический квант гравитационного потока, аналог кванта магнитного потока, является квантом области горизонта событий в формуле Бекенштейна–Хокинга.

Второе уравнение аналогично уравнению для спаренных электронов:

$$\sigma\psi_b + \zeta\psi_b |\psi_b|^2 + E_b\psi_b = 0, \quad (3)$$

где  $E_b$  — энергия спаренных первичных фермионов,  $\sigma = \text{const}$ ,  $\zeta = \text{const}$ .

Рассмотрим сферу, которая охватывает чёрную дыру как конденсат и её поверхность совпадает с горизонтом событий. В любой точке сферы сверхток спаренных первичных фермионов равен нулю:  $J_{\mu\nu}(s) = 0$ . Интеграл по площади или двойной контурный интеграл сведется к выражению:

$$\frac{\Phi_B(0)}{4\pi} \oint \nabla_\mu \theta dl^\mu \oint \nabla_\nu \theta dl^\nu = \iint g_{\mu\nu} dl^\mu dl^\nu. \quad (4)$$

Отсюда

$$\Phi_B = \frac{\Phi_B(0)}{4\pi} \oint \nabla_\mu \theta dl^\mu \oint \nabla_\nu \theta dl^\nu = \frac{2\pi n_1 \cdot 2\pi n_2}{4\pi} \Phi_B(0) = \pi n_1 n_2 \Phi_B(0) = \pi N \Phi_B(0), \quad (5)$$

или

$$\Phi_B = 4\pi N L_{pl}^2 = 4\pi R_g^2. \quad (6)$$

Таким образом, полный гравитационный поток через горизонт чёрной дыры эквивалентен площади горизонта чёрной дыры. Это же справедливо и для космологического горизонта Хаббла. Отсюда следует, что геометрический поток на горизонте событий может принимать только значения, кратные минимальному геометрическому потоку

$$\Phi_B(0) = (2L_{pl})^2 = \frac{4G_N \hbar}{c^3}. \quad (7)$$

Отношение полного гравитационного потока к минимальному дает энтропию чёрной дыры и полностью совпадает с формулой Бекенштейна–Хокинга:

$$\frac{\Phi_B}{\Phi_B(0)} = \frac{4\pi R_g^2}{4L_{pl}^2} = S_{BH}. \quad (8)$$

При этом уравнение (3) для волновой функции — эквивалент уравнения Шредингера для первичных фермионов, из которого можно получить решение для стационарных орбит внутри чёрной дыры. Некоторые такие решения с использованием уравнения Шредингера уже получены другими авторами [52]. Эти решения показывают, что чёрные дыры могут иметь нетривиальную внутреннюю структуру, которая может давать вклад в эффекты превращения чёрной дыры.

Для галактик возникают нетривиальные решения, связанные с циркуляцией сверхтекучих токов первичных фермионов, ответственных за наблюдаемые гравитационные эффекты тёмной материи. В них также могут формироваться вторичные возбуждения, волны плотности, которые при гравитационном линзировании могут быть интерпретированы как сгустки тёмной материи. Они же могут содержать некоторое количество частиц холодной тёмной материи, которая также может вносить свой гравитационный вклад. Возможно также появление замкнутых пространственно-временных траекторий, например вокруг галактики, реализующих квантовый аналог известного решения Гёделя.

Квантовые замкнутые пространственно-временные траектории потенциального сверх-

текущего движения возможно могут оказывать влияние на восприятие истории событий в пространстве-времени. Вероятно возможна также суперпозиция пространственно-временных слоев как фаз сверхтекучей жидкости вокруг гравитационных объектов – не только галактик, но и звёзд, и планет.

Учитывая, что наблюдаемое вещество представляет собой разность между сверхтекучим током и нормальным:

$$G_{\mu\nu} = J_{\mu\nu} = -8\pi\Lambda_s \left( \frac{\Phi_B(0)}{4\pi} \nabla_\mu \theta \nabla_\nu \theta - g_{\mu\nu} \right) = J_{\mu\nu}(S) - J_{\mu\nu}(N), \quad (9)$$

мы можем сделать вывод, что тёмная энергия и вся наша наблюдаемая Вселенная в целом – это результат почти полной компенсации сверхтекучего и нормального токов первичных фермионов с плотностью, близкой к планковской.

$$J_{pl}(S) - J_{pl}(N) = \Delta J = \frac{J_{pl}}{e^{2\alpha_{em}^{-1}}} = G_{\mu\nu} = G_{\mu\nu}(S) - G_{\mu\nu}(N) = \delta G_{\mu\nu}.$$

При этом

$$\oint\!\!\!\int G_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = -8\pi \oint\!\!\!\int \Lambda_s \left( \frac{\Phi_B(0)}{4\pi} \nabla_\mu \theta \nabla_\nu \theta - g_{\mu\nu} \right) dx^\mu dx^\nu = \Lambda_s \Phi_B(0) \cdot 2\pi n_1^* \cdot 2\pi n_2^*, \quad (10)$$

Учитывая, что  $\Lambda_s^{-1}$  можно представить как стационарный антигравитационный поток  $\Phi_\Lambda$ ,

$$\Lambda_s^{-1} = \Phi_\Lambda$$

и

$$\frac{\Phi_\Lambda}{\Phi_B(0)} = f^2 = F,$$

где  $f = 1, 2, 3, \dots$  — целые числа, получаем:

$$\oint\!\!\!\int G_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = \Lambda_s \Phi_B(0) \cdot 2\pi n_1^* \cdot 2\pi n_2^* = \frac{4\pi^2 n_1^* n_2^*}{f^2} = \frac{4\pi^2 F}{N}, \quad (11)$$

Таким образом, двойной круговой интеграл по кривизне в случае замкнутого пространства дает дробные соотношения квантовых чисел гравитационного и антигравитационного потоков:  $N/F$ .

### 3. Выводы

Описание черной дыры как квантового конденсата первичных фермионов в космологической модели со сверхпроводимостью (CMS), предложенное автором в 2011 году [26], подтверждает гипотезы других авторов о внутреннем квантовании черной дыры. Из системы уравнений для гравитационной сверхпроводимости, полученной автором, следует, что полный гравитационный поток через горизонт событий эквивалентен площади этого горизонта. Квантование этого гравитационного потока эквивалентно квантованию горизонта событий – как для черной дыры, так и для космологического горизонта. При этом элементарным геометрическим квантом гравитационного потока является элементарная планковская площадь Бекенштейна. Из уравнений CMS также следует, что наблюдаемая Вселенная в целом – это результат почти полной компенсации сверхтекучего и нормального токов первичных фермионов при плотности этих токов близкой к планковской. При этом кривизна пространства-времени, выражаемая через тензор кривизны Риччи, определяется произведением градиентов фазы или потенциалов скорости сверхтекучей жидкости, образованной первичными фермионами, то есть эквивалентна им. Это дает новый взгляд на природу гравитации.

### Л и т е р а т у р а :

1. Букалов А.В. Барийонная асимметрия и масса протона // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2013. — № 2. — С. 4–7.
2. Букалов А.В. Вселенная и её структуры в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 2. — С. 10–13.

3. Букалов А.В. Действие, фаза, энтропия и информация космических горизонтов и закон сохранения информации в черных дырах // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 2. — С. 27–28.
4. Букалов А.В. Динамические параметры эволюционирующей Вселенной и их соотношения в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 2. — С. 16–18.
5. Букалов А.В. Значения масс элементарных частиц и сверхпроводимость. Часть 1 // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 2. — С. 23–26.
6. Букалов А.В. Значения масс элементарных частиц и сверхпроводимость. Часть 2 // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 3. — С. 24–27.
7. Букалов А.В. Квантовая природа гравитационной постоянной Ньютона в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 4. — С. 28–31.
8. Букалов А.В. Квантовые макроскопические уравнения гравитации и сверхпроводящей космологии. Природа сил инерции // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2011. — № 2. — С. 41–48.
9. Букалов А.В. Квантовые свойства причинных горизонтов Вселенной и распад (таяние) черных дыр в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 4. — С. 24–27.
10. Букалов А.В. Квантовый принцип эквивалентности: гравитация, антигравитация и инерция // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 2. — С. 10–13.
11. Букалов А.В. Краткое доказательство эффекта исчезновения или «таяния» черных дыр в сжимающейся Вселенной // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 2. — С. 4–6.
12. Букалов А.В. Начальная стадия эволюции Вселенной в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 1. — С. 37–40.
13. Букалов А.В. О возможном решении проблемы космологической постоянной и плотности энергии вакуума // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2012. — № 4. — С. 12–13.
14. Букалов А.В. О возможном эффекте быстрого исчезновения или «таяния» черных дыр // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 1. — С. 15–19.
15. Букалов А.В. О двойственности информации и энтропии космических горизонтов и горизонтов черных дыр // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 1. — С. 25–28.
16. Букалов А.В. О квантовании гравитационного потока // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 4. — С. 31–33.
17. Букалов А.В. О космологической модели со сверхпроводимостью (решение ряда проблем) // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 1. — С. 31–36.
18. Букалов А.В. О некоторых свойствах элементарных геометрических ячеек // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2017. — № 1-2. — С. 63–64.
19. Букалов А.В. О природе времени // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2018. — № 1-2. — С. 5–14.
20. Букалов А.В. О рождении пространственно-временных областей и их эволюции в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 3. — С. 20–23.
21. Букалов А.В. О структуре вакуума и пространства-времени на планковских масштабах // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2017. — № 1-2. — С. 56–59.
22. Букалов А.В. О физике сингулярностей черных дыр // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 2. — С. 14–15.
23. Букалов А.В. Периодический закон спектра масс элементарных частиц в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 4. — С. 18–20.
24. Букалов А.В. Проблема совпадений и Антропокосмический резонанс: прецизионные соотношения критической плотности Вселенной и плотности микроволнового реликтового излучения в современную эпоху // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2013. — № 3. — С. 10–11.
25. Букалов А.В. Решение проблемы космологической постоянной и происхождения Больших Чисел Дирака–Эддингтона // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2016. — № 1. — С. 40–43.
26. Букалов А.В. Решение проблемы космологической постоянной и сверхпроводящая космология // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2011. — № 1. — С. 17–23.
27. Букалов А.В. Решение проблемы темной энергии и энергии вакуума в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 1. — С. 5–14.
28. Букалов А.В. Сверхпроводящая космология: от макроскопических уравнений ОТО к квантовой микроскопической динамике // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2013. — № 1. — С. 31–35.
29. Букалов А.В. Соотношения масс элементарных частиц и роль постоянной тонкой структуры в космологической модели со сверхпроводимостью // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 4. — С. 14–17.

30. Букалов А.В. Соотношения масс элементарных частиц, свободные параметры и теория сверхпроводимости: дополнение к стандартной модели // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2015. — № 1. — С. 62–64.
31. Букалов А.В. Темная энергия и энтропия Вселенной // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2012. — № 3. — С. 31–33.
32. Букалов А.В. Уменьшение энтропии потоков галактик и энтропии Вселенной в целом при доминировании темной энергии // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2013. — № 3. — С. 5–9.
33. Букалов А.В. Уравнения общей теории относительности как аналог уравнений электронной сверхпроводимости // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 3. — С. 18–23.
34. Букалов А.В. Энтропия и информация материи и излучения Вселенной // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2017. — № 1-2. — С. 60–62.
35. Букалов А.В. Энтропия черных дыр и информация во Вселенной // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2014. — № 2. — С. 6–9.
36. Лившиц Е.М., Пятаевский Л.П. Статистическая физика. Часть 2. — М.: Наука, 1978. — 448 с.
37. Лукаш В.Н., Михеева Е.В. Физическая космология. — М.: Физматлит, 2010. — 404 с.
38. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. — М.: Наука, 1982. — 240 с.
39. Bukalov A.V. A reason for existence of one-dimension and irreversible time. Possible age of the Universe // Physics of consciousness and life, Cosmology and Astrophysics. — 2002. — № 4. — P. 22–23.
40. Bukalov A.V. Nature of cosmological time: from the macroscopic equations of general relativity to quantum microscopic dynamics // Physics of consciousness and life, Cosmology and Astrophysics. — 2017. — № 3-4. — P. 15–17.
41. Bukalov A.V. The reason of existence of one-dimension and irreversible time. Possible age of the Universe. // Proc. 2-d Kharkiv Conference on Gravitation, Cosmology and Relativistic Astrophysics, Ed. L.V.Verozub. - Kharkiv: Karazin Kharkiv National University, 2003.
42. Bukalov A.V. The dominance of dark energy leads to reduction of the entropy of galaxies flow and entropy of the Universe. // Odessa Astron. Publ. — 2015. — **28 (2)**. — P. 114–115.
43. Bukalov A.V. The equations of General Relativity as equations of gravitational superconductivity and geometric quantization of the gravitational flow // Physics of consciousness and life, Cosmology and Astrophysics. — 2017. — № 3-4. — P. 18–20.
44. Bukalov A.V. The solution of the cosmological constant problem and the formation of the space-time continuum. // Odessa Astron. Publ. — 2016. — **29 (1)**. — P. 42–45.
45. Fixsen D. J. The Temperature of the Cosmic Microwave Background // Astrophysical Journal. — 2009. — Т. 707. — С. 916–920.
46. Planck Collaboration. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results. — arXiv:1303.5062 [astro-ph.CO].
47. Bukalov A.V. The equations of General Relativity as equations of gravitational superconductivity and geometric quantization of the gravitational flow // Physics of consciousness and life, Cosmology and Astrophysics. — 2017. — № 3-4. — P. 18–20.
48. J. D. Bekenstein, in Proceedings of the Eight Marcel Grossmann Meeting, T. Piran and R. Ruffini, eds., pp. 92–111 (World Scientific Singapore 1999).
49. S. W. Hawking, Phys. Rev. D 14, 2460 (1976).
50. V. Mukhanov, JETP Letters 44, 63 (1986).
51. J. D. Bekenstein and V. Mukhanov, Phys. Lett. B 360, 7 (1995).
52. Christian Corda and Fabiano Feleppa The quantum black hole as a gravitational hydrogen atom. — arXiv:1912.06478 [gr-qc].

*Статья поступила в редакцию 15.10.2018 г.*

*Bukalov A.V.*

### **On the quantum nature of black holes**

The description of a black hole as a quantum condensate of primary fermions in the cosmological model with superconductivity (CMS), proposed earlier by the author, confirms the hypotheses of a number of authors about the internal quantization of a black hole. From the system of equations for gravitational superconductivity obtained by the author, it follows that the total gravitational flow through the event horizon is equivalent to the area of this horizon. The quantization of this gravitational flow is equivalent to the quantization of the event horizon, both for the black hole and for the cosmological horizon. In this case, the elementary geometric quantum of the gravitational flow is the elementary Planck area by Bekenstein. From the CMS equations it also follows that the observed Universe as a whole is the result of almost complete compensation of the superfluid and normal currents of primary fermions at a density of these currents close to the Planck one.

*Key words:* black hole, gravitational superconductivity, event horizon quantization, primary fermions, superfluidity, Universe, dark energy