

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Гипотезы и эксперименты по созданию шаровой молнии

(отклик на статью Г.С. Пайвы, Дж.В. Феррейры, К.С. Бастоса, М.В.П. дос Сантоса, А.К. Павао "Расчёт плотности энергии кремниевых светящихся шаров подобных шаровой молнии")

Г.Д. Шабанов

Обсуждаются вопросы оценки плотности энергии кремниевых светящихся шаров, интервала плотностей для природной шаровой молнии и соответствия объекта, экспериментально созданного и описанного в статье Г.С. Пайвы, Дж.В. Феррейры, К.С. Бастоса, М.В.П. дос Сантоса, А.К. Павао "Расчёт плотности энергии кремниевых светящихся шаров подобных шаровой молнии" [УФН 180 218 (2010)] природному феномену.

PACS numbers: 52.80.Mg, 92.60.Pw

DOI: 10.3367/UFNr.0180.201002h.0223

В.Л. Гинзбург считал, что проблема шаровой молнии (ШМ) и выяснения природы её существования будет решена только после создания этих объектов в лаборатории при ясном контроле всех условий и параметров [1]. Эксперимент без "предвзятой идеи" бесплоден [2]. Четверть века назад "предвзятых идей" — гипотез о природе ШМ — было более сотни [3], в настоящее время их более двухсот [4], но экспериментов по созданию ШМ на порядок меньше. Статья Г.С. Пайвы и др. [5] относится к довольно редкому типу статей, когда ШМ рассматривается не только с теоретических позиций, но и имеет экспериментальное сопровождение. С этой стороны их работа находится в ряду общеизвестных работ, например, Планте, Барри [6], Капицы [7, 8]. Однако, на наш взгляд, статья имеет и некоторые недостатки.

В статье [5], в разделе "Результаты и обсуждение", рассматривается вопрос о диаметре (D) генерируемых сфер, от которого сильно зависит рассчитываемая плотность энергии ($1/D^3$). Для сравнения в статье приведена таблица плотностей энергии природной ШМ, которые лежат в интервале 0,8–240 МДж м⁻³. Видимый диаметр светящихся кремниевых сфер, получаемых авторами, составляет 2,5 см, что соответствует плотности энергии 3,9 МДж м⁻³. Полученная плотность энергии сфер оказалась у нижнего края в интервале значений, приведённых в таблице. Авторы заметили, что на снимках, возможно, диаметр сфер можно определить как 1 см. Тогда плотность энергии составит около 61 МДж м⁻³, что ближе к середине предлагаемого интервала значений плотностей энергии.

При расчёте плотности энергии используется также более определённая величина — масса SiO₂, собранная в следе от светящихся шаров, которая в среднем составляет 7×10^{-3} г. Оксид кремния образуется из металлического кремния, который, как предполагается в статье, находится в виде аэрозоля (очевидно, что вес исходного кремния тогда составляет $3,27 \times 10^{-3}$ г). По этим данным можно определить плотность светящейся сферы из аэрозоля. Если принять её диаметр за 2,5 см, то она будет иметь плотность в три раза меньше плотности воздуха и должна подниматься

вверх. Если принять диаметр сферы за 1 см, то её плотность будет в 4,8 раза больше плотности воздуха и она должна падать. Как видно из видеозаписи [9], кремниевые сферы после образования падают на пол и катятся по нему, что говорит о том, что сферы, во всяком случае, тяжелее воздуха и видимый диаметр больше истинного. Задача определения диаметра светящихся образований, аналогичная [5], стояла и перед автором [10]. Она была решена с применением зондовой диагностики [11], а ранее, для светящихся образований, полученных по технологии [10] в работах С.Е. Емелина [12] и затем Г. Фуссмана [13], — с использованием светофильтров. Некоторая аналогия, предполагаемая по температуре светящихся сфер в [5], со светящимися образованиями Г. Фуссмана требует уточнения. В работе [14] показано, что если создать светящиеся образования (по методике [13]), но с большим временем жизни, то они большую часть времени будут иметь низкую температуру, приближающуюся к комнатной.

Данные по плотности энергии в таблице [5] также нуждаются в комментарии. В статье С.И. Степанова [15], на которую довольно часто ссылаются, энергия собственно ШМ (не связанной с другими явлениями) составляет порядка 100 Дж ("средняя энергия"). Диаметр средней наблюдаемой ШМ составляет 23 см (табл. 10 из [16]), отсюда плотность энергии средней ШМ составит порядка 0,016 МДж м⁻³. С другой стороны, наиболее полно исследованный случай по большому энерговыделению от ШМ [17] даёт плотность энергии ШМ около 4000 МДж м⁻³. Представляется, что попадание в интервал плотностей энергии (0,016–4000 МДж м⁻³), где наименьшее значение отличается от большего почти на 6 порядков, не может служить весомым подтверждением отношения какого-то процесса, имеющего сходное энерговыделение, к явлению ШМ.

Авторам работы [5] поведение светящихся кремниевых сфер (падение и качение по полу, подпрыгивание при ударе о препятствия, сжигание диэлектрических предметов при контакте и т.д. [5]) представляется присущим ШМ. Мы считаем, что согласно [3, 4] ШМ, в основном, летает (левитирует) горизонтально и равномерно в 75 % случаев [3, 4], а "падает из облака" всего в 5 % случаев [4]. Кстати, довольно просто определить ту долю природных ШМ, на которую претендуют авторы [5]. Из 25 % наблюдений, в которых ШМ не левитируют горизонтально и равномерно, нужно отобрать случаи, когда ШМ падают, катятся по земле (полу), имеют цветовую температуру около 4000 К и размеры порядка 1–3 см. Природных ШМ с такими свойствами будет не более 3 %. Далее, природная ШМ

Г.Д. Шабанов. Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова УРАН,
188300 Орловая роща, г. Гатчина, Ленинградская область,
Российская Федерация
Тел. (81371) 302-57. Факс (81371) 302-57
E-mail: shabanov@npfi.spb.ru

Статья поступила 18 декабря 2009 г.

крайне редко взаимодействует с диэлектриками и мало похожа на шар с температурой 4000 К, сжигающий всё на своём пути, как в [5]. Из 500 очевидцев ШМ, наблюдавших её с расстояния менее одного метра, только 22 наблюдателя сообщили о наличии теплового потока от ШМ [4]. Из [5] трудно сделать вывод о реальной опасности или безопасности ШМ. Имеется статистика [18], где указано на основании исследований около 6 тыс. случаев наблюдения ШМ, что для 8,6 % случаев встречи людей с ШМ заканчиваются трагически, из них 14,4 % — летальным исходом. По данным этой статистики ясно, что основная причина травм и смертей связана с поражением электротоком. В [3, 4] поражение электрическим током от ШМ констатируется как обычный факт. Из [4]: "...у нас имеется уже почти 6000 описаний. ...Кроме того, ШМ обладает большим электрическим зарядом, и известно много случаев, когда она убивала людей и животных именно электрическим зарядом. В целом можно сказать, что неприятностей неосторожным наблюдателям ШМ может принести ничуть не меньше, чем обычная линейная молния, "возможности" которой всем хорошо известны". В [5] об электрических свойствах ШМ не упоминается, возможно, потому, что работы [3, 4] изданы на русском языке и поэтому недостаточно хорошо известны не русскоязычным исследователям.

С другой стороны, игнорирование основной массы наблюдательных данных имеет давнюю традицию. Обычно это предлагается в виде "одного из возможных видов шаровой молнии" — А.М. Андрианов и В.И. Синицын [19], или "Барри впервые воспроизвел явление, похожее на шаровую молнию ...в качестве... одного, а никак не всех типов шаровой молнии" ([6], с. 166 и 172). В.Л. Бычков и др. [20] считают, что "некоторые природные шаровые молнии имеют органическую природу". Выше приведены работы [6, 19–20], в которых авторы явно видели несоответствие свойств своих экспериментально создаваемых светящихся образований свойствам основной массы наблюдаемых природных ШМ. Гипотез о природе ШМ несколько сотен, поэтому гипотезы, не проверенные экспериментально, мы здесь не приводим. Авторы вышеприведённых работ [5, 7, 8, 13], а также С.Е. Емелин и др. [21], Л.В. Фуров [22], Г.Д. Шабанов и др. [23], А.И. Егоров и С.И. Степанов [24], видимо, не подразделяют ШМ на виды (типы) и считают, что их экспериментально создаваемые светящиеся образования и природная ШМ имеют идентичные механизмы образования и существования. Обсуждаемые светящиеся образования, создаваемые в [5], могли бы войти в категорию "некоторых видов ШМ", и их доля могла бы составить некоторый процент (выше дана верхняя оценка доли ШМ по [5]) в банках наблюдательных данных, если для ШМ такое деление на виды возможно в принципе.

О природе ШМ были категорические высказывания, например, Капицы [7]: "Нам думается, что ранее высказанные гипотезы о природе шаровой молнии неприемлемы, так как они противоречат закону сохранения энергии". Для Н. Тесла (1900 г.), Я.И. Френкеля (1940 г.) [25], П.Л. Капицы

(1955 г.), Барри ([6] с. 75), И.П. Стаханова (1985 г.) и др. ШМ представляла собой единое явление с одной физической природой. Стаханов считал, что если ШМ считать комплексом разнородных явлений и предлагать различные причины для объяснения сложных, иногда противоречивых свойств ШМ, то противоречия, конечно, сами собой устроятся. Однако анализ статистически надёжного банка данных наблюдений ШМ, собранных по определённой методике Стахановым, показал: "Пока нет оснований сомневаться в том, что шаровая молния представляет собой единое явление с одной физической природой" [3].

Благодаря работе Г.С. Пайвы и др. [5] проверена очередная возможность интерпретации ШМ как кремниевой шаровой молнии.

Список литературы

1. Гинзбург В Л *УФН* **169** 419 (1999) [Ginzburg V L *Phys. Usp.* **42** 353 (1999)]
2. Пуанкаре А *О науке* (Под редакцией Л С Понтрягина) (М.: Наука, 1983)
3. Стаханов И П *О физической природе шаровой молнии* 3-е изд. (М.: Научный мир, 1996)
4. Григорьев А И *Шаровая молния* (Ярославль: ЯрГУ, 2006)
5. Пайва Г С и др. *УФН* **180** 218 (2010) [Paiva G S et al. *Phys. Usp.* **53** (2) (2010)]
6. Barry J D *Ball Lightning and Bead Lightning: Extreme Forms of Atmospheric Electricity* (New York: Plenum Press, 1980) [Барри Дж *Шаровая молния и четочная молния* (М.: Мир, 1983)]
7. Капица П Л *ДАН* **101** 245 (1955)
8. Капица П Л *ЖЭТФ* **57** 1801 (1969) [Kapitza P L *Sov. Phys. JETP* **30** 973 (1970)]
9. Real Ball Lightning Created in the Lab, <http://www.youtube.com/watch?v=KVDU-6opEqA&feature=fvw>
10. Шабанов Г Д *Письма в ЖТФ* **28** (4) 81 (2002) [Shabanov G D *Tech. Phys. Lett.* **28** 164 (2002)]
11. Шабанов Г Д, Соколовский Б Ю *Физика плазмы* **31** 560 (2005) [Shabanov G D, Sokolovskii B Yu *Plasma Phys. Rep.* **31** 512 (2005)]
12. High voltage erosional water discharge, <http://balllightning.narod.ru/hvewd.html>
13. Versteegh A et al. *Plasma Sources Sci. Technol.* **17** 024014 (2008)
14. Шабанов Г Д и др. *Физика плазмы* **35** 665 (2009) [Shabanov G D et al. *Plasma Phys. Rep.* **35** 611 (2009)]
15. Степанов С И *ЖТФ* **60** (2) 211 (1990) [Stepanov S I *Sov. Phys. Tech. Phys.* **35** 267 (1990)]
16. Смирнов Б М *УФН* **162** (8) 43 (1992) [Smirnov B M *Sov. Phys. Usp.* **35** 650 (1992)]
17. Дмитриев М Т и др. *ЖТФ* **51** 2567 (1981) [Dmitriev M I et al. *Sov. Phys. Tech. Phys.* **26** 1518 (1981)]
18. Григорьев А И *Огненные убийцы* (Ярославль: Дебют, 1990)
19. Андрианов А М, Синицын В И *ЖТФ* **47** 2318 (1977) [Andrianov A M, Sinitsyn V I *Sov. Phys. Tech. Phys.* **22** 1342 (1977)]
20. Бычков В Л, Бычков А В, Тимофеев И Б *ЖТФ* **74** (1) 128 (2004) [Bychkov V L, Bychkov A V, Timofeev I B *Tech. Phys.* **49** 128 (2004)]
21. Емелин С Е и др. *ЖТФ* **67** (3) 19 (1997) [Emelin S E et al. *Tech. Phys.* **42** 269 (1997)]
22. Фуров Л В *ЖТФ* **75** (3) 98 (2005) [Furov L V *Tech. Phys.* **50** 380 (2005)]
23. Шабанов Г Д и др. *Химическая физика* **25** (4) 74 (2006)
24. Егоров А И, Степанов С И, Шабанов Г Д *УФН* **174** 107 (2004) [Egorov A I, Stepanov S I, Shabanov G D *Phys. Usp.* **47** 99 (2004)]
25. Френкель Я И *ЖЭТФ* **10** 1424 (1940)

Lightning ball: experiments on creation and hypotheses

(comment on "Energy density calculations for ball-lightning-like luminous silicon balls")

by G.S. Paiva, J.V. Ferreira, C.C. Bastos, M.V.P. dos Santos, A.C. Pavão)

G.D. Shabanov

B.P. Konstantinov St. Petersburg Institute of Nuclear Physics, Russian Academy of Sciences

188300 Orlovaya roshcha, Gatchina, Leningrad region, Russian Federation

Tel. (7-81371) 302-57. Fax (7-81371) 302-57. E-mail: shabanov@pnpi.spb.ru

The problems addressed in this paper include estimating: the energy density of luminous silicon balls, the density range of a natural lightning ball, and whether and how the object created and described in the commented paper (*Usp. Fiz. Nauk* **180** 218 (2010) [*Phys. Usp.* **53** (2) (2010)] corresponds to the natural phenomenon.

PACS numbers: 52.80.Mg, 92.60.Pw

Bibliography — 25 references

Uspekhi Fizicheskikh Nauk **180** (2) 223–224 (2010)

DOI: 10.3367/UFNr.0180.201002h.0223

Received 18 December 2009

Physics – Uspekhi **53** (2) (2010)