

УДК 537.222 +551.59

## НОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ШАРОВОЙ МОЛНИИ – ПРЕДПОСЫЛКИ К СИНТЕЗУ

Громько А.

*Красноярского государственного технического университета*

Уникальный случай взрыва шаровой молнии (ШМ) с разбросом полых металлических шариков дает основания рассмотреть с единых позиций имеющуюся субъективную информацию о ШМ, экспериментальный материал о физике электрического разряда (ЭКТОНАХ) и сделать предпосылки к синтезу ШМ.

На протяжении всего периода существования человека как разумного существа происходили и происходят встречи с шаровой молнией (ШМ), однако, до настоящего времени физические процессы образования и продолжительности жизни ШМ не раскрыты.

В данной статье сделана попытка, продвигаться в познании этого явления природы, используя следующий логический алгоритм, представленный на рис.1.



Рисунок 1. Логический алгоритм

### 1. Субъективная, обобщенная информация о ШМ

Из-за случайного характера появления шаровой молнии, с низкой вероятностью события, можно рассматривать единственный способ съема информации - визуальный. Естественно, что

содержание такой информации, носит субъективный характер.

Однако, большое количество собранного исследователями ШМ материала наблюдений, позволило исключить противоречивые оценки основных параметров и получить следующую, характеризующую это явление, информацию /1/:

1. ШМ появляется во время гроз; большей частью при разряде облако - земля; и возникает в нескольких метрах от земли.

2. Внешний вид ШМ - сфера диаметром 10 - 20 см, иногда до одного метра.

3. Цвет ШМ - красный, желтый, оранжевый, не слишком яркий, но видим при дневном свете; шар с яркой сердцевиной и размытыми краями, может быть ослепительно белым и иметь четкие очертания.

4. Время жизни ШМ – от 3...5 с до 2...5 минут.

5. Скорость перемещения в горизонтальной плоскости - несколько метров в секунду; может останавливаться, чаще опускается к земле, реже поднимается к облакам; отскакивает от твердых непроводящих предметов.

6. Тепло - редкое явление для ШМ, но иногда ШМ зажигает предметы, нагревает воду в ограниченных объемах.

7. Запах острый, неприятный (сера, озон, окись азота).

8. ШМ часто притягивается к земле и проводящим телам, перемещается в свободном пространстве вдоль проводящих тел, наблюдалась ШМ внутри самолетов и других помещениях, экранированных от внешних электромагнитных полей.

9. Исчезает ШМ бесшумно или со взрывом.

10. Наблюдаются два вида ШМ: свободные - почти не притягивающиеся к проводникам и связанные с проводниками, как правило, последние

имеют белый или синий цвет, раскаляют предметы, на теле человека оставляют ожоги.

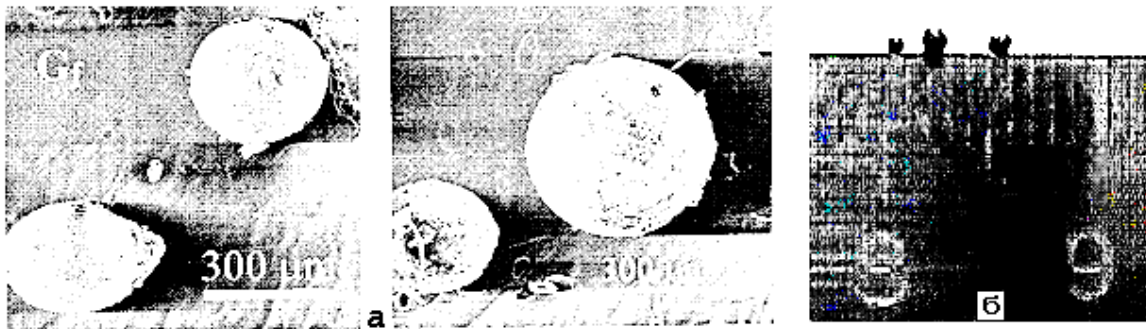
#### 1а. Случай с ШМ в 2003 году

*Уникальный факт наблюдения ШМ произошел 19 июля 2003 года. Женщина занималась на кухне приготовлением обеда сидя за столом спиной к окну. Ее сестра, вошедшая на кухню, увидев огненный шар движущийся к центру кухни со стороны угла между форточкой и вентиляционным отверстием, вскрикнула. Обе, пораженные увиденным, смотрели на огненный шар, который им показался с футбольный мяч. Через несколько секунд раздался оглушительный взрыв и на пол рассыпались раскаленные металлические шарики. Светящиеся шарики быстро потемнели, оставив на линолеуме пола следы ожога. Опомившись от испуга, женщины собрали большую часть остывших металлических шариков, которые и были переданы автору.*

#### 1б. Электрофизические исследования материала оставшегося после взрыва ШМ

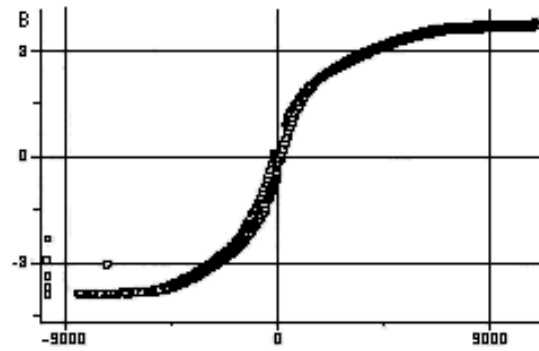
Часть металлических шариков была передана профессору Института Физики СО РАН Г.Н.Чурилову, который с коллективом сотрудников выполнил электрофизические исследования представленного материала. Получены следующие результаты экспериментальных исследований /2/:

1. Шарики ШМ представляют собой полые сферы из чистого железа, диаметром 0,3- 1,2 мм, при толщине стенки около 10 микрон (см. Рис. 2а,б).



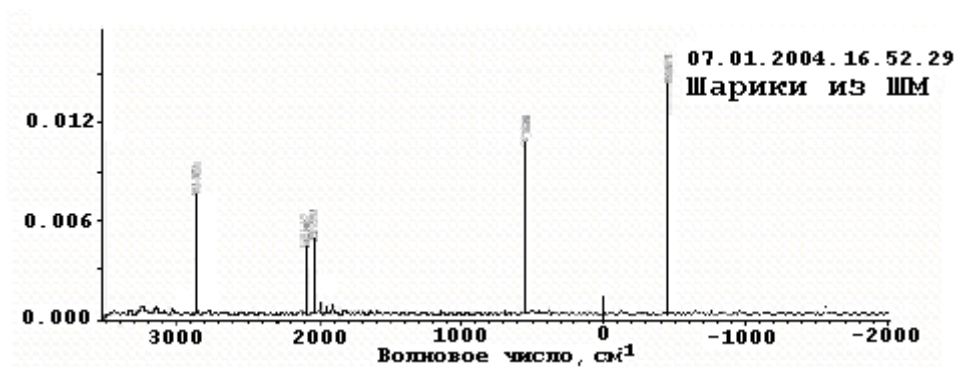
**Рисунок 2.** Шарик ШМ (увеличение 100), переданные для исследования в ИФ СО РАН (а), и (б) – (без увеличения), оставшиеся для повторных исследований

2. Вид кривых намагничивания - показывает отсутствие гистерезиса т.е. указывает на аморфную структуру материала ШМ (рис. 3).



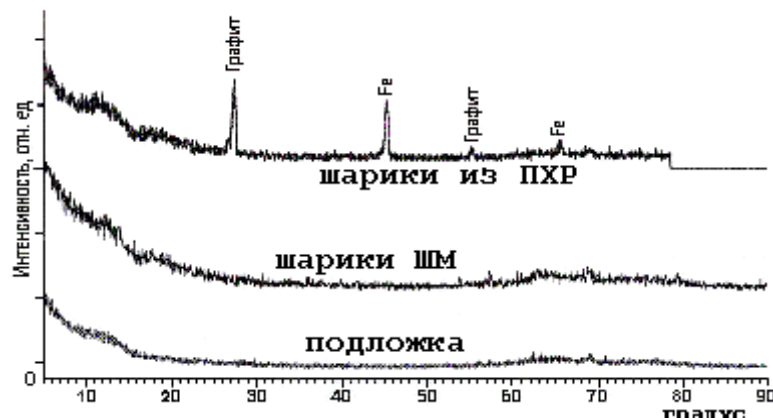
**Рисунок 3.** Намагниченность образца «шаровая молния» М-630 Гс. Для сравнения намагниченность  $\alpha$ -Fe М – 1700 Гс.

3. Графики характеристик вынужденного комбинационного рассеяния ВКР - отражают нелинейные свойства образцов ШМ (рис.4).



**Рисунок 4.** Графики характеристик вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР)

4. Гладкий характер графика спектрограммы (отсутствие резонансных линий), подтверждает аморфность образцов ШМ (рис.5).



**Рисунок 5.** График спектрограмм

Результаты исследований, с представлением экспериментальных данных в виде графиков, доложены на конференциях /2, 3/.

## 2. Экспериментальная информация о линейной молнии

В результате экспериментальных исследований линейной молнии (ЛМ) установлено /4/, что распределение зарядов в грозовой туче распре-

делено так, что верхушка тучи заряжена положительно, низ отрицательно за исключением небольшого участка положительных зарядов в нижней части тучи. Заряд нижней части тучи образует между тучей и землей разность потенциалов от  $20^6$  до  $100^6$  В. Подавляющее число ЛМ переносит отрицательный заряд с нижней части тучи на Землю.

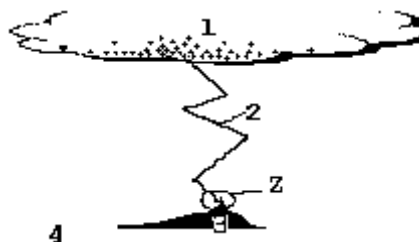


Рисунок 5. Распределение зарядов в грозовой туче

В редких случаях наблюдаются «положительные ЛМ», в результате которых часть тучи несущая положительный заряд электричества разряжается на землю, рис.7. /4/. На рис.6. Введены следующие обозначения: Грозовая туча несущая положительный заряд – 1, лидер линейной молнии – 2, возвышенность на земле 4, металлическое, хорошо проводящее электрический ток острие – 3, область взаимодействия линейной молнии с проводящим острием – Z.

В этих случаях, перед разрядом, на проводящих предметах (металлах), расположенных на земле, происходит накопление отрицательных зарядов.

### 3. Экспериментальные исследования и теория разряда в вакууме

Согласно разработанной академиком Г.А. Месяцем теории /5/, основанной на фундаментальных исследованиях образования пробоя, искры и дуги в вакууме при высоких напряжениях и большой силы тока, испускание с острий: электронов, плазмы и жидкого металла происходит порционно в виде эктонов.

**Увеличение тока эмиссии с острия приводит к его лавинообразному разогреву и испарению металла острия. «Переход к вакуумному пробоя связан с процессом, аналогичным электрическому взрыву проводников» под действием электрического тока большой мощности»./5/.**

Если эти предметы имеют остроконечную форму, то напряженность электрического поля между острием проводящего предмета и тучей несущей положительный заряд может усиливаться в  $\beta_E$  раз.  $\beta_E = h/2 r + 5$ ,

Где высота конуса  $h$  со сферической вершиной радиуса  $r/2$ . При угле конуса  $\Theta = 5 - 10^\circ$  и  $\beta_E = 20 - 3000$ .

### 4. Анализ собранной информации, обобщение

Из рассмотренных выше экспериментальных данных и визуальных наблюдений ЛМ и ШМ можно прийти к следующим обобщениям:

- Образование ШМ наиболее вероятно при разряде положительных зарядов грозовой тучи ЛМ на землю.

- Количество положительных ЛМ составляет доли процента от отрицательных ЛМ, сообщаящих при разряде отрицательный потенциал Земли. В связи с этим возникновение ШМ – редкое явление.

- Обнаруженные при взрыве (распаде) ШМ полые металлические шарики (Fe) являются остатками эктона, т.е. были образованы во время разряда положительной ЛМ на металлический проводник с образованием эктона. До остывания, полые шарики представляли собой парообразный металл из которого при остывании образовались полые шарики.

### 5. Синтез физической модели ШМ

Пробой промежутка между электродами, в виде искры или молнии, происходит при достижении напряженности электрического поля критического значения. Если хотя бы один из электродов имеет остроконечную форму, то напряженность электрического поля между острием проводящего предмета и вторым электродом (в рассматриваемом нами случае – между острием и положительным зарядом грозовой тучи) может усиливаться в  $\beta_E$  раз.  $\beta_E = h/2 r + 5$ ,

Где высота конуса  $h$  со сферической вершиной радиуса  $r/5$ .

При угле конуса  $\Theta = 5 - 10^\circ$  и  $\beta_E = 20 - 3000$ .

Среднее значение напряженности линейного лидера молнии составляет  $10^6$  В. Фактическое значение напряженности поля на вершине острия может достигать  $10^9 - 10^{10}$  В. Ток разряда  $(5 - 20) \cdot 10^3$  А, при этом происходит перенос  $20 - 30$  кулон электричества. При приближении ступенчатого лидера линейной молнии к поверхности земли на  $50 - 100$  метров навстречу ему устремляется поток электронов со скоростью, определяемой из выражения

$$v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\left(\frac{eU}{m_e c^2} + 1\right)^2}},$$

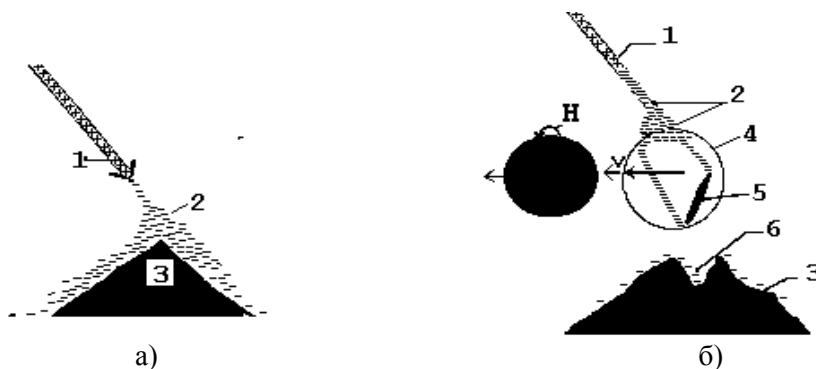
где  $c = 2,998 \cdot 10^8$  м/с - скорость света в вакууме,

$e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  Кл - заряд электрона,

$m_{e0} = 9,11 \cdot 10^{-31}$  кг - масса покоя электрона,  
 $m_e$  - масса электрона, движущегося со скоростью  $v$ ,  
 $U$  - ускоряющее напряжение.

После подстановки численных значений получаем, что при ускоряющем напряжении  $(10-100) \cdot 10^6$  В, получаем

$$v = 2,998 \cdot 10^5 \text{ км/с.}$$



**Рисунок 7 а, б.** а) Разряд лидера линейной молнии (1), несущего положительный заряд, электронами (2), стекающими с проводящего острия (3). б) Область взаимодействия лидера линейной молнии (1) с проводящим металлическим острием (3). Где (2) – облако электронов, (4) – эктон, (5) – вырванный с острия металл в парообразном виде, (6) – разрушенный участок острия;

**H** – электромагнитное поле, созданное вращательным движением эктона спреобладанием отрицательного заряда (электронов); **V** – направление скорости перемещения эктона

Для пояснения процесса образования ШМ обратимся к рис 7а,б.

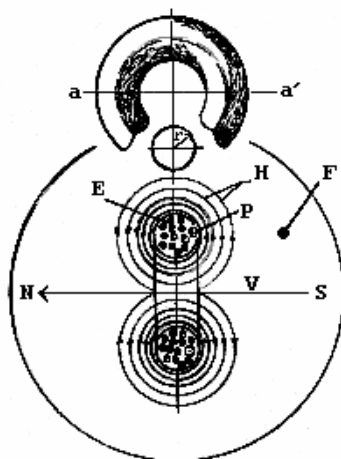
Пробой воздушного промежутка между ступенчатым лидером ЛМ (1), несущем положительный заряд, и проводящим металлическим острием (3) ведет к образованию эктона (4), летящего на встречу с лидером ЛМ со скоростью близкой к скорости света. В авангарде эктона электроны и плазма (2) за ними положительные ионы парообразного металла –(5). Компенсация электронами (2) положительного заряда лидера ЛМ (2), происходит с задержкой из-за значительного сопротивления «проводника» (лидера ЛМ) из положительно заряженных ионов. В результате в месте встречи электронов с лидером ЛМ образуется облако электронов. Нижняя часть электронов испытывает отталкивающие силы от электронов расположенных выше и силы притяжения от положительного заряда ионов жидкого (газообразного) металла, несущего положительный заряд пропорцио-

нальный количеству электронов в электронном облаке. Электроны, не успевшие компенсировать положительный заряд лидера линейной молнии, устремляются к «хвосту» ионов металла, образуя замкнутый вихревой ток - ШМ.

В связи с тем, что тороидальная фигура (ШМ) имеет суммарный, отрицательный заряд, она вытесняется из места ее образования оставшимися отрицательными зарядами в области встречи эктона с лидером ЛМ, и движется со скоростью (V).

В связи с большой плотностью отрицательных зарядов вращающихся с начальной скоростью близкой к скорости света, создается сильное электромагнитное поле (H), удерживающее тороидальную фигуру ШМ длительное время. Процесс образования шаровой молнии закончен.

Продолжительность жизни ШМ зависит от следующих факторов:



**Рисунок 8.** Модель ШМ, построенная с учетом вышеизложенных экспериментальных данных и теоретических исследований

1. От количества вырванного с острия металла, чем больше испарившегося с острия металла оказалось в торе ШМ, тем короче ее жизненный период. Во-первых, потому, что значительная часть свободных электронов расходуется на компенсацию сорванных с орбит электронов паров металла. Во-вторых, электроны, проходя через пары металла, а по мере охлаждения через жидкий и твердеющий металл, теряют энергию: на ионизацию, возбуждение атомов металла и на тормозное излучение. При столкновении свободных электронов с электронами металла часть электронов покидает тор ШМ из за большого угла рассеяния, проскакивая вдоль силовых линий магнитного поля.

2. Из-за деформации тора ШМ в результате различных случайных воздействий на ШМ (механические воздействия, звуковые, электромагнитные).

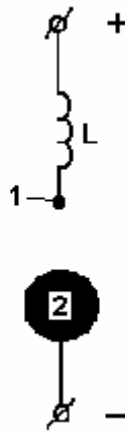
Деформация собственного магнитного поля ШМ (удар или соприкосновение с ферромагнитным или проводящим предметом или разряд вблизи ШМ линейной молнии) ведет к быстрой нейтрализации заряда частиц движущихся в торе, что наблюдается в виде взрыва и коротких линейных молний, расходящихся от места взрыва ШМ.

На основе вышеизложенного гипотетическую модель ШМ можно представить в виде рис.8, где дан разрез тора радиуса  $r$  и показаны движущиеся по направлению часовой стрелки электроны 1, ионы 2 и созданное потоком электронов магнитное поле  $H$ .

Вокруг тороидальной фигуры находится ионизированный газ 3. Ионизируют газ электроны, покидающие при столкновении с ионами тороидальный поток в плоскости параллельной магнитным силовым линиям.

За счет вращательного движения электронов, тор может перемещаться в направлении вектора  $V$ .

Проверить справедливость выдвинутой гипотезы можно экспериментально с помощью разрядного устройства, схема которого приведена на рис.9. Отличие разрядника заключается в том, что положительный электрод должен обладать минимальной емкостью, а подводящие к электроду проводники – большой индуктивностью. При разряде с образованием эктона, у поверхности положительного проводника будет образовываться избыток электронов и образование ШМ в виде тора рис.8.



**Рисунок 9.** Конструкция электродов для синтеза ШИМ. L – индуктивность, 1- электрод положительного потенциала, 2- электрод большой емкости отрицательного потенциала.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. А.И. Громыко. Основы технического творчества. Учебное пособие. Красноярск: КГТУ, 1999. 139 с.
2. Громыко А.И. О природе шаровой молнии. *Фундаментальные исследования* № 3, 2004 г., стр. 62-64. -М.: «Академия естествознания».
3. N.V. Bulina, A.I. Gromyko, G.V. Bondarenko, A.V. Marachevsky, L.A. Chekanova, G.N. Churilov. About iron globules at cooling of iron-

- contained plasma. Works of International conference ESTMAG-2004, August 24-27, p. 397-398. (Krasnoyarsk, Institute of Physics the Siberian Branch of the Russian Academy of Science).
4. Р. Фейман, Р. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике. Т.5. Электричество и магнетизм. М.: «Мир», 1977. 300 с.
5. Месяц Г.А. Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга. – М.: Наука, 2000. – 424 с.

**NEW INFORMATION ON A FIREBALL LIGHTNING – PRECONDITIONS TO SYNTHESIS**

Gromyko A.

*Krasnoyarsk State Technical University*

The unique case of the fireball lightning flash with a sparseness of hollow metal balls gives a basis to consider the available observations on this phenomenon as well as experimental results on electric discharge physics and make preconditions to the fireball lightning synthesis from uniform positions.