

Владимир Викторович Яковлев

Особенности вращения

**ЧАСТЬ 7. Модель шаровой молнии
на основе новых представлений
о гидродинамических явлениях**



Россия, Пенза, 2019 год

Оглавление

Раздел 1. Обзор предшествующих моделей ШМ.....	3
1. Леонов Р.А. – о моделях шаровой молнии (1965г.).....	3
2. Телетов Г.С. – попытки объяснить явление (1966г.).....	8
3. Френкель Я.И., член-кор. АН – модель ШМ (1949)	10
4. Капица П.Л., академик – модель ШМ (1955г.).....	13
5. Телетов Г.С. – модель ШМ (1966г.).....	17
6. Дмитриев М.Т., к.х.н. – модель ШМ (1967г.).....	19
7. Парфёнов Б., инженер – модель ШМ (1968г.)	22
8. Войцеховский Б.В., член-кор.АН. – модель ШМ (1974г.).....	25
9. Хазен А.М., к.ф.-м.н. – модель ШМ (1977г.)	27
10. Гулак Ю., к.ф.-м.н. – модель ШМ (1982).....	30
11. Ацюковский В.А., д.т.н. – модель ШМ (1997г.).....	32
12. Торчигин В.П., д.т.н. – модель ШМ (2009г.).....	35
13. Власов А., д.т.н. – модель ШМ (2009г.).....	38
14. Бутусов К.П., к.ф.-м.н. – модель ШМ (2010 г.)	41
15. Черкашин Ю. – модель ШМ (2011г.)	46
Раздел 2. Формирование новой модели ШМ	48
1. Свойства шаровых молний	48
2. Проблемы на пути построения модели ШМ.....	51
3. Критерии отбора перспективных моделей ШМ	55
4. Перспективные модели шаровой молнии.....	59
5. ШМ с точки зрения независимого аналитика	61
6. Законы гидродинамики для вихрей.....	66
7. Физические причины притяжения электронов.....	74
8. Физические основы сверхпроводимости в ШМ	78
9. Физические основы светового излучения ШМ.....	80
10. Физические причины разнообразия цвета ШМ	84
11. Особенности прохождения ШМ через диэлектрик	85
12. Физические основы энергетики ШМ.....	87
13. Внутреннее строение и форма ШМ	88
14. Способы формирования ШМ.....	91
15. Способы гибели ШМ.....	102
16. Особенности взрыва ШМ.....	107
17. Разгадка парадоксальных свойств ШМ.....	113
Литература	117

Раздел 1. Обзор предшествующих моделей ШМ

1. Леонов Р.А. – о моделях шаровой молнии (1965г.)

Век гипотез

Араго и Хильдебрандсен видели в шаровой молнии уплотнённое соединение азота с кислородом (или паровой шар с гремучими газами), «сильно пропитанное молниевой материей», то есть в высокой степени ионизированными газами. Процесс возникновения огненного шара не обсуждался, учёные предположили, что шаровая молния возникает на большой высоте, затем проходит сквозь грозовое облако и быстро опускается к поверхности земли. Такой шар можно уподобить лейденской банке – конденсатору, у которого внутренней обкладкой служит разряженный воздух высоких слоёв атмосферы, в то время как изолирующим слоем является шарообразный слой сухого воздуха, сильно сжатый, благодаря взаимному притяжению противоположных электрических зарядов на его поверхностях. В случае внутреннего пробоя конденсатора – шара происходит зажигание искрой и взрыв гремучих газов, в случае быстрой утечки электричества во внешнюю среду – бесшумное исчезновение феномена. ...Чирвинский несколько расширил «ассортимент» газов, заключённых в огненном шаре, считая, что содержимое его представляет собой сильно наэлектризованную смесь азота, кислорода, водорода, а также озона и окислов озона. Эта смесь находится в неустойчивом равновесии при переменном давлении и может по самым незначительным случайным причинам взрываться, а коснувшись проводника – разрядиться без взрыва. Обобщением подобных взглядов является гипотеза, предложенная французским астрономом и физиком Э.Матиасом. По Матиасу, шаровая (а также чёткая молния) представляет собой высшие соединения азота с кислородом N^pO^q и высшие формы озона O^m или азота N^n , которым якобы присущи свойства гремучести. Энергия «грозовой материи» Матиаса оценена им вчетверо больше внутренней энергии нитроглицерина... Гремучая материя, оставаясь в воздухе, образует узлы в виде сферических точек, расположенных вдоль пути линейной молнии. Если же количество гремучей материи велико, то охлаждение её происходит особенно медленно. При этом силы поверхностного натяжения этих гремучих светящихся газов стремятся стянуть их в объём с минимальной внешней поверхностью, образуя шаровую молнию. Тем самым шаровая молния является остатком линейного, особо мощного или длительного разряда...

Так выглядит большая группа гипотез (многие из них не включены в обзор из стремления избежать повторений), которые объединены одним существенным признаком: все они предполагают, что источник энергии ШМ заключён в ней самой. Так ли это? Разрешить этот вопрос – значит решить судьбу этой серии идей. Заметим, однако, что соединений типа N^pO^q и O^m , N^n со свойствами гремучести современная химия не знает...

Вторая группа гипотез, наоборот, предполагает источник энергии ШМ находящимся вне её; гипотезы этого плана развивались параллельно с гипотезами первой группы. В 1905 году австрийским физиком В.Кархеймом-Гилленскольдом была выдвинута гипотеза о шаровой молнии как о вихре сильно ионизированного воздуха; причем вихрь своим существованием и зарядом обязан первоначальному импульсу от линейной молнии. Вихрь движется под действием двойной системы сил – аэродинамических и электростатических.

Профессор физики Берлинского университета К.Вольф дал иную картину молнии-вихря. Шаровая молния, по этой гипотезе, возникает в виде вихревого электронного кольца, образованного вокруг канала линейной молнии. После того, как линейный разряд проскочит кольцо, оно отделяется и движется вдоль следа линейной молнии, а затем – под действием воздушных течений. Диаметр кольца должен казаться большим, чем на самом деле, из-за рассеивания электронов с его поверхности, ибо молекулы воздуха под действием электронной бомбардировки светятся. Внутренняя «дырка бублика» не видна, так как чрезвычайно мала и окружена светящейся массой ионизированного воздуха.

По иному, особенно в начальном периоде возникновения выглядит шаровая молния в гипотезе А. Майснера. Вихрь образуется между двумя противоположно направленными разрядами молнии. ...По Майснеру, шаровая молния есть клубок раскалённого газа, приведённого во вращательное движение. Вихрь является своеобразным гироскопом, устойчивость его движения обеспечивается равновесием сил внешнего давления на шар и центробежных сил быстрого вращения. Устойчивость такого вихря непродолжительна и прекращается, как только во внутренние его слои попадает воздух извне...

Советский исследователь В.А.Белоконь нарисовал ясную схему возникновения шаровой молнии из линейной при ударе в землю... возникшие при ударе волны большой интенсивности, отражаясь от препятствий, могут дать в результате сложных пересечений вихревое плазменное кольцо (похожее, заметим, на электронное кольцо-вихрь Вольфа). Устойчивость вихревого кольца плазмы обеспечивается, во-первых, чрезвычайной интенсивностью вихря: скорость движения его внешних слоёв превышает скорость звука, во-вторых, электромагнитными взаимодействиями в плазме вихря, которые удерживают его от распада, пока существует необходимая степень ионизации...

Таковы основные черты второй группы гипотез (мы опять опустили большое число принципиально похожих на них). Пока, уклонившись от оценки гипотез, сделаем два замечания: аэрогидродинамика даёт нам право утверждать, что такие вихри вполне возможны; гипотезы этого типа неудовлетворительно описывают некоторые эффекты шаровой молнии, особенно электромагнитные, световые и взрыв. Очередь за гипотезами, которые не могут быть причислены ни к одной из рассмотренных групп.

Гипотеза М. Теплера (опубликована в Дрездене, 1915 г.) базируется на его опытах с кистевой дугой... Если, как это делает Теплер, предположить существование такого гигантского кистевого разряда между облаком и землёй, то можно с достаточным основанием принять шаровую молнию за кистевые дуги, возникающие в ходе развития кистевого разряда. Недостатки гипотезы Теплера: неувязка с объяснением горизонтальных перемещений шаровой молнии, длительности её существования, да и сферическая форма кистевой дуги – весьма и весьма редкий тип разряда (обычно кистевая дуга имеет форму метёлки, кисти)...

Другой немецкий физик П.В.Нейгебауер отказался от анализа опытов по моделированию шаровой молнии, проведя чисто теоретическое рассмотрение возможных путей её образования. Линейная молния принимается им в качестве первичного, предшествующего явления. Нейгелбауер, используя современные данные о линейной молнии (сила тока порядка 125-250 тыс.ампер, поперечник канала молнии – от 3 до 5 см и скорость электронов до 10^8 см/сек), нашёл плотность электронов на конце канала линейной молнии не менее 10^{15} см⁻³. Такая плотность электронов является, по его мнению, достаточной для образования шаровой молнии, которая как бы «капает» с конца канала молнии. Исчезновение без взрыва и со взрывом объясняется сложным взаимодействием обменных кинетических сил и рекомбинаций...

Публикуются и ныне гипотезы, в которых делаются попытки приложить к объяснению явления архисовременные достижения физики. В одной из них (профессора В.И. Арабаджи) шаровая молния возникает благодаря своего рода фокусировке ядерноактивных космических частиц в мощном электрическом поле грозового облака. Возникающая при этом реакция дробления ядер сопровождается лавинообразным размножением ядерноактивных частиц и даёт, по вычислениям автора, энергию, достаточную для образования шаровой молнии. Форма шаровой молнии объясняется тем, что сфера – наиболее экономная поверхность для разлёта радиоактивных частиц и для отдачи наименьшего количества энергии излучением. Так как появление и существование шаровых молний целиком зависит от ядерноактивных частиц в атмосфере Земли, то количество шаровых молний должно возрасть при вспышках на солнце, которые увеличивают потоки космических лучей на 30% от обычной нормы... наибольшее количество ядерноактивных частиц сосредоточивается в верхних слоях атмосферы, и шаровая молния должна быть по преимуществу явлением высотным, что никак не подтверждается наблюдениями. Поэтому, хотя оригинальное решение вопроса об источнике энергии феномена, вероятно, правомерно, в целом гипотеза не может лечь в основу теории. Точно так же нам придётся отвергнуть сходные с ней соображения Д.Миллера-Гильдебранда, который на основе анализа фотографий шаровой молнии с учётом «противоестественной» длительности её существования пришёл к выводу, что в шаровой молнии

имеется внутренний источник энергии и, скорее всего, это – ядерные реакции ещё неизвестного нам типа.

Созданные в 1850-1950 годах гипотезы шаровой молнии имеют не только исторический интерес: даже само знакомство с ними, не говоря уж о вдумчивой критике, даёт богатую пищу для анализа, сравнений и обобщений наблюдений и опыта. Гипотезы эти не являются склепами идей, они – ступени к всё более полному и глубокому пониманию загадки. Существует мнение, что научная проблема любой трудности может быть быстро решена, если проблема поставлена правильно. Вот этой-то правильной постановке задачи и помогают в своей совокупности поиски её решения в «век гипотез»... Если гипотезы и помогают постановке проблемы, то решение её (хотя бы качественное, приближенное) является задачей теорий шаровой молнии... Оговоримся, что в рассматриваемой проблеме такое деление на гипотезы и теории носит несколько условный характер и под теорией в данном случае понимается достаточно строгое и полное описание природы явления, хотя бы и уязвимое в частностях. Критерием же истинности теории может быть только опыт.

Теории шаровой молнии

При первоначальном ознакомлении с данными наблюдений Френкель создаёт теоретическую модель (1940) «пузыря, образованного химически активными веществами, которые возникают в атмосфере при прохождении грозового разряда». Эти химически активные вещества оседают в виде капелек на пылинках, нагретых линейной молнией до свечения. Гипотеза, по которой частицы пыли или дыма образуют своеобразный «защитный чехол» или «пузырь» шаровой молнии, даёт качественное объяснение явлениям, связанным с ней: форму, яркое свечение и взрыв (или исчезновение без взрыва). Другие качества объекта – подвижность, электромагнитные свойства – не находят объяснения в этой гипотезе. Кстати, «гипотеза 1940 года» не была оригинальной: в начале XIX века Поей рассматривал шаровую молнию как шар, наполненный лёгким газом и окружённый исключительно тонкой и отражающей свет оболочкой...

Позднее Френкель пересмотрел гипотезу «пузыря» и пришел к заключению, что «для образования тонкой пленки продуктов конденсации активных газов в воздухе нет никаких оснований — ни теоретических, ни экспериментальных». Но мысль о химически активных веществах, возникших в результате электрического разряда (линейной молнии), не была им оставлена... Таким образом, по Френкелю, шаровая молния является шарообразным вихрем смеси частиц пыли или дыма с химически активными (вследствие электрического разряда) газами, причем вихрь-шар способен на длительное независимое существование и в целом электрически нейтрален... Теория Френкеля накладывает некоторые ограничения на размеры шаровой молнии (от 5 до 20 см в диаметре) и время ее существования (от нескольких секунд до 2-2,5 минут). Из теории следует, что источник энергии шаровой молнии — но преимуществу внутренний, и энергия эта невелика (до 0,03 киловатт-часа).

Эдвард Л. Хилл, профессор университета в штате Миннесота (США), совсем недавно выдвинул теорию «миниатюрного грозового облака», каковым, по его мнению, является шаровая молния. ...Хилл предполагает, что удар линейной молнии предшествует появлению шаровой молнии. При этом удар линейной молнии индуцирует разделение зарядов, которые несут атомы, молекулы, группы молекул, частицы дыма, пара, пыли. Механизм такого разделения не совсем ясен, но, видимо, возможен, если учесть, что в обычном грозовом облаке сосуществуют большие области разноименно заряженных частиц пара. Но в большом облаке такие его части разделены значительными расстояниями, а рекомбинация происходит линейным или лентообразным разрядом. В «миниатюрном грозовом облаке» Хилла (насыщенном к тому же тяжелыми частицами дыма и пыли) такая рекомбинация будет происходить в условиях сильного турбулентного движения заряженных областей, которое разделит разноименно заряженные участки быстро движущимися слоями нейтрального воздуха или пара. Общая нейтрализация такого облака, во-первых, носит замедленный темп, потому что в нее частями включаются отдельные слои, клубы и области находящегося в турбулентном движении облака-шара. Во-вторых, формы разрядов, рекомбинирующих областей шара, будут весьма разнообразны вследствие миниатюрных размеров этих областей и их прихотливой структуры. Здесь возможны и сверхмалые линейные и ленточные молнии, разряды типа «огней св. Эльма». Эти-то разряды и создают картину свечения шара, повышают его температуру. В случае, если турбулентное разделение объема приводит к появлению двух относительно больших областей, то разряд между ними прекращает существование облака, т. е. происходит «взрыв» шаровой молнии. Если же дробление объема облачка идет по пути создания все меньших и меньших разноименно заряженных областей шара, разряды между ними приводят к нейтрализации облачка в целом, т. е. к бесшумному, тихому исчезновению. Модель Хилла предполагает, что шаровая молния существует за счет преимущественно внешнего источника энергии, поскольку и турбулентное движение микрообластей шара, и ионизация их, и разделение есть результат весьма мощного линейного разряда. Э. Хилл удачно толкует «опыт с бочонком» в поддержку своей теории, так как его «миниатюрное грозовое облако» содержит энергию, по крайней мере равную мегаджоулю. ...Наряду с достоинствами эта теория имеет ряд бросающихся в глаза недостатков: неясен механизм разделения ионизованных и заряженных частиц на «микрообласти» посредством мощного линейного разряда, а главное, схема образования такой шаровой молнии почти не дает возможности проверить ее наблюдениями или экспериментом: умозрительная, «кабинетная», модель Хилла буквально повисает в воздухе: ее трудно отвергнуть, но и нелегко принять.

2. Телетов Г.С. – попытки объяснить явление (1966г.)

С тех пор, как шаровая молния обсуждается в печати, было предложено около 50 различных гипотез. Многие из них, особенно более ранние, были просто необоснованными предположениями. А каков же общий итог? Наиболее загадочные свойства шаровой молнии, в частности весьма высокая её удельная энергия, устойчивость и долгая жизнь, так и не получили удовлетворительного объяснения. Существуют две точки зрения на источник этой энергии. Согласно первой, которую отстаивали М.Теплер (1900) и П.Л.Капица (1955), этот источник находится вне её. Другая утверждает, что молния имеет собственный запас энергии и является автономной системой с замедленным темпом развития (угасания).

Теплер считал, что электрическое поле при высокой разности потенциалов между грозовой тучей и землёй поддерживает тихий разряд, а шаровая молния представляет светящуюся часть этого разряда. То же высказывали Г.Плантэ (1889) и Н.А.Гезехус (1900). Д.Финкельштейн и Ж.Рубинштейн (1964), развивая идею Теплера, полагают, что поскольку ионизация и проводимость возрастают с силой поля и плотностью тока, то может происходить местное усиление в 3 раза, то есть самоконцентрация разряда. Это и вызывает светимость. Академик П.Л.Капица предположил, что источником энергии служит интенсивное радиоволновое излучение из туч во время сильных гроз. Он рассматривал шаровую молнию как разряд сверхвысокой частоты в одной или нескольких (при четочной молнии) пучностях стоячей волны, образующейся при интерференции падающей и отраженной от земли когерентных волн. Эта гипотеза привлекла внимание Л.Тонкса (1960), П.Сильберга (1961) и многих других. В.Х.Андерсен (1965) считает, что высокочастотная радиация на коротких волнах испускается тучей, благодаря столкновениям заряженных капель.

...Подавляющее же большинство других авторов предполагает автономное существование шаровой молнии как носителя энергии. Гипотезы этой группы совершили определённую эволюцию. Более ранние предположения допускали особую химическую природу шаровой молнии. Они основывались на том, что после разряда линейной молнии, которая предшествует шаровой, образуются соединения типа озона O_3 и N_3 (Торнтон, 1911), более высокие полимеры (Э.Маттас, 1926), окислы азота большой концентрации, активный азот, гремучий газ (скотт, Ф.Араго, К.Бенедикс и др.). Однако гипотезы об особой химической природе не объясняют высокой удельной энергии и разрушительной силы ШМ.

Позднее всё чаще высказывались предположения об электрической и электрогидродинамической природе шаровой молнии. П.Н.Червинский (1936) считал её клубком взрывчатой, сильно наэлектризованной смеси ионизированных газов и их окислов – газовой лейденской банкой. Я.И.Френкель (1949) и Э.Л.Хилл (1960) рассматривали её как концентрированный аэрозоль с ассоциациями молекул и взвешенными частицами пыли. Идея состояла в том, что в таком «грозовом облачке», сочетающем химический реактор и электростатическую машину,

нейтрализация объёмных зарядов происходит медленней, чем в газе. Однако это всё-таки слишком быстрый процесс, чтобы объяснить продолжительность жизни шаровой молнии.

П.В.Неугебауэр (1937) первый попытался теоретически обосновать существование плазмы в виде устойчивого облака. Полагая температуру низкой (600 K), а концентрацию электронов высокой, он разработал квантовую теорию, используя соотношение для металлов – ферромагнетиков. Но существование столь холодной, но равновесной плазмы невозможно.

По мнению В.Карлхейма-Гейленскольда (1903), К.Е.Бруса (1964) и др., ШМ рождается из линейной в виде плазменного вихревого кольца. В последнее время делался ряд попыток применить для её объяснения исследования устойчивости плазменных образований. А.А.Власов (1959), А.Я.Воронов (1964) и др. рассмотрели диффузионные цепные процессы в плазмоиде со свободной границей для определения его равновесной формы и критических размеров. В.Д.Шафранов (1957) исследовал в магнитогидродинамической трактовке систему винтового тока с взаимно ортогональными магнитными полями в плазменном кольце и доказал её устойчивость. Но он отметил, что вследствие диссипации энергии, согласно расчётам и экспериментам, время существования такой системы очень мало – порядка 10 мсек. Другой очень важный и более общий вывод этой работы в том, что энергией магнитного поля нельзя объяснить высокую удельную энергию шаровой молнии. Предельная энергия магнитного поля в заданном объёме оказывается во много раз меньше.

...Наблюдениями установлено, что иногда одна вспышка молнии разряжает энергию, накопившуюся во многих ячейках грозового образования облаков. Высказывались предположения, что сверхнапряжение, возникающее при последовательном соединении таких ячеек, способствует рождению шаровой молнии (С.Гросу, 1960); что в мощной линейной молнии и, в частности, порождающей шаровую, происходит сильное электродинамическое сжатие разряда (К. Гладков и А.Довиллье, 1958; В.Г.Эванс и М.А.Уман, 1962). К.Боттлингер (1928) высказал мнение, что в шаровой молнии атомы воздуха локализованы под действием концентрированного электрического поля. М.Тейх (1955) устойчивость шаровой молнии объясняет межатомными силами сцепления. Матиас (1924) считал, что «грозовая материя» (термин Араго, 1883) в шаровой молнии представляется веществом неизвестной природы.

Некоторые физики, Г.Плантэ, Н.А.Гезехус, М.Теплер и др., проводили опыты для воспроизведения шаровой молнии, какой она им представлялась. Но опыты обнаруживали несоответствия свойств похожих разрядов с шаровой молнией и тем самым несостоятельность этих гипотез.

...В связи с состоянием этой необычной проблемы последуем принципу: «Когда вы отбросите всё невозможное, то, что останется, пусть самое невероятное, и будет правдой» (Конан Дойль).

3. Френкель Я.И., член-кор. АН – модель ШМ (1949)

...Коллективный эффект, характеризующий скорость падения облачных частиц сводится к тому, что при достаточно высокой концентрации этих частиц, они увлекают вместе с собой окружающий воздух. В результате, хотя скорость их движения по отношению к окружающему воздуху остаётся незначительной, скорость движения воздуха, заполняющего облако, то есть, другими словами, скорость падения облака в целом, может оказаться несравненно более значительной. Эффекты этого рода легко наблюдаются в лабораторных условиях, если ввести каплю суспензии какого-либо вещества в чистую дисперсионную среду, например, каплю чернил в чистую воду или каплю суспензии тонкого металлического (алюминиевого) порошка в вазелиновом масле в чистое вазелиновое масло. При этом капля суспензии, сохраняя свою округлость и лишь несколько сплюсываясь в вертикальном направлении, падает как целое (подобно тому, как падала бы в той же самой вязкой среде капля посторонней жидкости, округлость которой обеспечивалась бы поверхностным натяжением) со скоростью, приблизительно равной той, которая соответствует формуле Стокса для капли данных размеров и данной средней плотности. Стабилизация капли обуславливается в рассматриваемом случае вихревым движением, зависящим от трения между внешней средой, в которой происходит падение капли (скажем, вазелиновым маслом), и средой, образующей каплю (т.е. суспензией алюминиевой пудры в вазелиновом масле). Подобное вихревое движение возникает и в том случае, когда в данной среде падает капля совершенно посторонней жидкости, обладающей по отношению к этой среде определённым поверхностным натяжением, и имеет характер, изображённый на рисунке (в меридиональном разрезе).

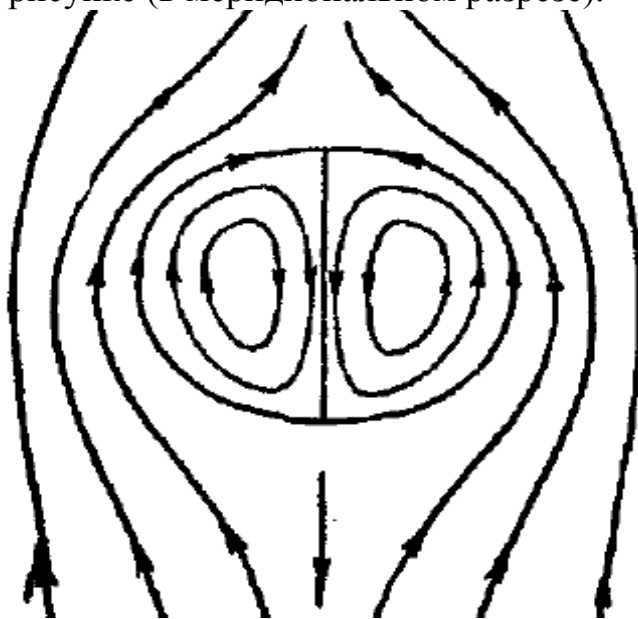


Рисунок 1. Движение в шаровом вихре и окружающей среде

В рассматриваемом случае суспензия образует сферический вихрь, который её стабилизирует без всякого поверхностного натяжения. Причём

вихрь этот возникает вследствие разности удельных весов капли и окружающей среды и движется совершенно таким же образом, как обычные вихревые кольца (например, кольца дыма в воздухе), с той разницей, что в последнем случае завихрение обуславливается резким толчком (при выталкивании аэрозоля, образуемого дымом), а в первом – непрерывно действующей силой тяжести. Стабилизация, обусловленная вихревым движением, является неполной. Через некоторое время – тем более короткое, чем больше удельный вес суспензии, то есть чем больше скорость падения образуемой ею капли, последняя сплющивается и, в конце концов, превращается в обычное вихревое кольцо...

Что же представляет собой одиночная шаровая молния? В настоящее время можно считать установленным тот факт, что шаровая молния представляет собой не своеобразную форму электрического разряда (как думали раньше), а газовый шар, возникший в результате обычного (искрового) электрического разряда, по всей вероятности на пути его. Известно, что при прохождении электрической искры через газы, в последних происходят различные химические реакции, приводящие к образованию более или менее неустойчивых химически активных веществ в газообразном или конденсированном состоянии. В частности, в воздухе образуются при этом озон, или окислы азота, или, наконец, активный (одноатомный) азот, отличающийся длительным послесвечением. Естественнo предположить, что шаровая молния представляет собой один из этих активных газов в чистом виде или в смеси с воздухом, и объяснить различные свойства её, исходя из этого представления. Такого рода попытки делались давно. Однако авторы их не могли объяснить обособленности газового шара, образующего шаровую молнию, от окружающего воздуха. В случае жидкости такое обособление объяснялось бы поверхностным натяжением между нею и окружающей жидкостью (при условии приблизительно одинаковости удельных весов). Но шаровая молния является не жидким, а газовым шаром с плотностью, мало отличной от плотности обычного воздуха, что явствует хотя бы из того факта, что она может плавать в воздухе, подобно мыльному пузырю, или держаться в покое в состоянии на каком-либо (преимущественно металлическом) предмете. Ранее (в 1940 г.) я предпринял попытку применить к шаровой молнии модель мыльного пузыря, заменив мыльный раствор продуктами конденсации активных газов, возникающих в воздухе при электрическом разряде. Однако для возникновения тонкой плёнки этих продуктов в воздухе нет никаких оснований – ни теоретических, ни экспериментальных.

Явления «коллективного движения», описанные нами выше и выражающиеся, в частности, в существовании шаровых вихрей, которые стабилизируют жидкую или газообразную массу суспензии, придавая ей шарообразную форму, открывают новую возможность объяснения шаровой молнии, именно как массы подобной суспензии, охваченной вихревым движением, которое она приобретает при падении по

отношению к окружающему воздуху и благодаря чему сохраняет форму шара. О природе этой суспензии можно сделать следующие два предположения.

- Твёрдыми (или жидкими) частицами являются (в основном) сконденсировавшиеся в капельки или кристаллики массы тех самых активных газов, которые и образуют шаровую молнию. Таким образом, последняя подобна обычному облаку, с той разницей, что она состоит не из водяных паров, смешанных с капельками или кристалликами воды, а из паров химически активных веществ, возникших при прохождении электрического разряда, и продуктов их частичной конденсации – в концентрации значительно большей, чем «водность» обычных облаков.
- Твёрдыми частицами в шаровой молнии являются частицы постороннего вещества – минеральной пыли или дыма, которые существуют в воздухе и при нормальных условиях и которые, попадая в область, образованную химически активными газами, образующими шаровую молнию, создают в ней вихревое движение, которое придаёт ей шарообразную форму...

Независимо от той роли, которую пыль или дым могут играть в создании того вихревого движения, которому шаровая молния обязана своей формой, они, как уже указывалось в предыдущей работе, играют существенную роль в «демаскировании», то есть обнаружении шаровой молнии, обеспечивая характерное для неё свечение. А именно, это свечение следует приписать тому обстоятельству, что активные вещества, образующие газообразную форму шаровой молнии, могут достаточно быстро «дезактивироваться» (путём, например, разложения на химически стойкие продукты) лишь при соприкосновении с частицами твёрдых тел, способными играть роль катализаторов. Такими частицами и являются, по-видимому, частицы пыли или дыма. Энергия, отдаваемая им газообразными частицами шаровой молнии, нагревает их до высокой температуры и заставляет светиться. Эта демаскирующая роль частиц пыли или дыма остаётся в силе и в том случае, если вихревое движение, обеспечивающее существование шаровой молнии с устойчивой шарообразной формой, обуславливается, в основном, твёрдыми частицами того же самого вещества (например окислов азота), из которого она состоит в газообразном состоянии, так как эти частицы не могут, очевидно, играть роль катализатора для дезактивации молекул этого газа. Возможно, впрочем, что при отсутствии пыли «собственные» твёрдые частицы обеспечивают шаровой молнии слабое красноватое свечение, характерное именно для окислов азота...

4. Капица П.Л., академик – модель ШМ (1955г.)

(получил плазменный шар между электродами в гелиевой среде)

Природа шаровой молнии пока остается неразгаданной. Это надо объяснить тем, что шаровая молния — редкое явление, а поскольку до сих пор нет указаний на то, что явление шаровой молнии удалось убедительно воспроизвести в лабораторных условиях, она не поддается систематическому изучению. Было высказано много гипотетических предположений о природе шаровой молнии, но то, о котором пойдет речь в этой заметке, по-видимому, еще не высказывалось. Главное, почему на него следует обратить внимание, это то, что его проверка приводит к вполне определенному направлению экспериментальных исследований. Нам думается, что ранее высказанные гипотезы о природе шаровой молнии неприемлемы, так как они противоречат закону сохранения энергии. Это происходит потому, что свечение шаровой молнии обычно относят за счет энергии, выделяемой при каком-либо молекулярном или химическом превращении, и таким образом, предполагают, что источник энергии, за счет которого светится шаровая молния, находится в ней самой. Это встречает следующее принципиальное затруднение. Из основных представлений современной физики следует, что потенциальная энергия молекул газа в любом химическом или активном состоянии меньше той, которую нужно затратить на диссоциацию и ионизацию молекул. Это дает возможность количественно установить верхний предел энергии, которая может быть запасена в газовом шаре, заполненном воздухом и размерами с шаровую молнию. С другой стороны, можно количественно оценить интенсивность излучения с ее поверхности. Такого рода прикидочные вычисления показывают, что верхний предел времени высвечивания получается много меньше действительно наблюдаемого у шаровых молний. Этот вывод теперь также подтверждается опытным путем из опубликованных данных о времени высвечивания облака после ядерного взрыва. Такое облако сразу после взрыва, несомненно, является полностью ионизованной массой газа, и поэтому его можно рассматривать как заключающее в себе предельный запас потенциальной энергии. Поэтому, казалось бы, оно должно высвечиваться за время большее, чем наиболее длительно существующая шаровая молния подобного размера, но на самом деле этого нет. Поскольку запасенная энергия облака пропорциональна объему (d^3), а испускание поверхности $\sim d^2$, то время высвечивания энергии из шара будет пропорционально d , его линейному размеру. Полностью облако ядерного взрыва при диаметре d , равном 150м, высвечивается за время меньшее, чем 10 сек, так что шар диаметром в 10см высветится за время меньшее, чем 0,01 сек. Но на самом деле, как указывается в литературе, шаровая молния таких размеров чаще всего существует несколько секунд, а иногда даже минуту. Таким образом, если в природе не существует источников энергии, еще нам не известных, то на основании закона сохранения энергии приходится принять, что во время свечения шаровой молнии непрерывно подводится энергия, и мы

вынуждены искать этот источник энергии вне объема шаровой молнии. Поскольку шаровая молния обычно наблюдается «висящей» в воздухе, непосредственно не соприкасаясь с проводником, то наиболее естественный, и, по-видимому, единственный способ подвода энергии — это поглощение ею приходящих извне интенсивных радиоволн. Примем такое предположение за рабочую гипотезу и посмотрим, как согласуются с ней наиболее характерные из описанных явлений, сопровождающих шаровую молнию.

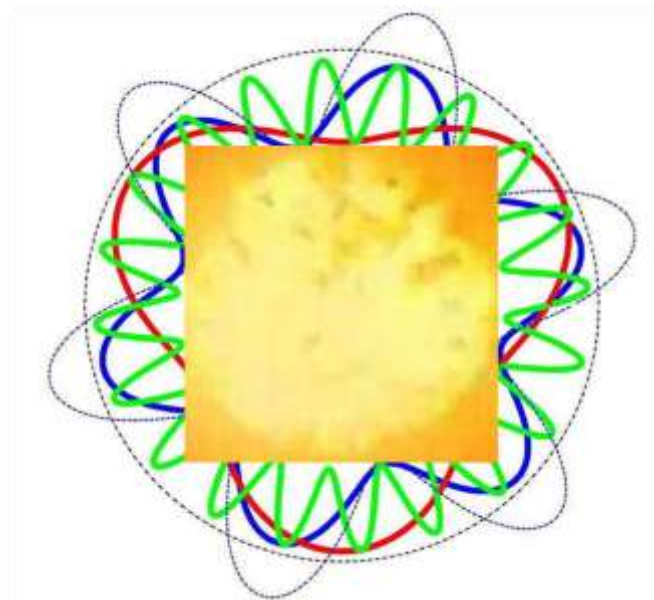


Рисунок 2. Иллюстрация автора к модели ШМ академика Капицы

Если сравнить поведение шаровой молнии со светящимся облаком, оставшимся после ядерного взрыва, то бросается в глаза следующая существенная разница. После своего возникновения облако ядерного взрыва непрерывно растет и бесшумно тухнет. Шаровая молния в продолжение всего времени свечения остается постоянных размеров и часто пропадает со взрывом. Облако ядерного взрыва, будучи наполнено горячими газами с малой плотностью, всплывает в воздух и поэтому движется только вверх. Шаровая молния иногда стоит неподвижно, иногда движется, но это движение не имеет предпочтительного направления по отношению к земле и не определяется направлением ветра. Теперь покажем, что эта характерная разница хорошо объясняется выдвинутой гипотезой. Известно, что эффективное поглощение электромагнитных колебаний ионизованного газового облака — плазмы — может происходить только при резонансе, когда собственный период электромагнитных колебаний плазмы совпадает с периодом поглощаемого излучения. При тех интенсивностях ионизации, которые ответственны за яркое свечение шара молнии, резонансные условия всецело определяются его наружными размерами. Если считать, что поглощаемая частота соответствует собственным колебаниям сферы, то нужно, чтобы длина λ поглощаемой волны была приблизительно равна четырем диаметрам шаровой молнии (точнее, $\lambda = 3,65 d$). Если в том же объеме ионизация газа

слаба, то, как известно, тогда период колебаний плазмы в основном определяется степенью ионизации, причем соответствующая резонансная длина волны всегда будет больше, чем та, которая определяется размерами ионизованного объема и, как мы указали, равна $3,65 d$. При возникновении шаровой молнии механизм поглощения можно себе представить так: сперва имеется небольшой по сравнению с $(\pi/6) d^3$ объем плазмы, но если ионизация его будет слаба, то все же резонанс с волной длины $\lambda = 3,65 d$ будет возможен и произойдет эффективное поглощение радиоволн. Благодаря этому ионизация будет расти, а с ней и начальный объем сферы, пока она не достигнет диаметра d . Тогда резонансный характер процесса поглощения будет определяться только формой, и это приведет к тому, что размер сферы шаровой молнии станет устойчивым. Действительно, предположим, что интенсивность поглощаемых колебаний увеличивается, тогда температура ионизованного газа несколько повысится и сфера раздуется, но такое увеличение выведет ее из резонанса и поглощение электромагнитных колебаний уменьшится, сфера остынет и вернется к размерам, близким к резонансным. Таким образом можно объяснить, почему наблюдаемый диаметр шаровой молнии в процессе свечения остается постоянным. Размеры наблюдаемых шаровых молний лежат в интервале от 1 до 27 см. Согласно нашей гипотезе, эти величины, помноженные на четыре, дадут тот диапазон волн, который ответствен в природе за создание шаровых молний. Наиболее часто наблюдаемым диаметрам шаровых молний от 10 и 20 см соответствуют длины волн от 35 до 70 см. Местами, наиболее благоприятными для образования шаровых молний, очевидно, будут области, где радиоволны достигают наибольшей интенсивности. Такие места будут соответствовать пучностям напряжения, которые получаются при разнообразных возможных интерференционных явлениях. Благодаря повышенному напряжению электрического поля в пучностях, их положение будет фиксировать возможные места шаровой молнии. Такой механизм приводит к тому, что шаровая молния будет передвигаться с передвижением пучности, независимо от направления ветра или конвекционных потоков воздуха. Как возможный пример такого фиксированного положения шаровой молнии рассмотрим случай, когда радиоволны падают на проводящую поверхность земли и отражаются. Тогда благодаря интерференции образуются стоячие волны и на расстояниях, равных K , длине волны, помноженной на 0,25; 0,75; 1,25; 1,75 и т. д., будут образовываться неподвижные в пространстве пучности, в которых напряжение электрического поля удваивается по сравнению с падающей волной. Вблизи этих поверхностей благодаря повышенному напряжению будут благоприятные условия как для создания начального пробоя, так и для дальнейшего развития и поддержания ионизации в облаке, образующем шаровую молнию. Таким образом, поглощение электромагнитных колебаний ионизованным газом может происходить только в определенных поверхностях, параллельных рельефу земли. Это и будет

фиксировать в пространстве положение шаровой молнии. Такой механизм объясняет, почему шаровая молния обычно создается на небольшом расстоянии от земли и часто передвигается в горизонтальных плоскостях. При этом наименьшее расстояние центра шаровой молнии до проводящей поверхности будет равно $1/4$ длины волны и, следовательно, зазор между отражающей поверхностью и краем шара должен быть примерно равен его радиусу. При интенсивных колебаниях вполне возможно, чтобы в ряде пучностей образовывались отдельные шаровые молнии, на расстоянии полудлины волны друг от друга. Такие цепочки из шаровых молний наблюдаются, они носят название «четочных» молний и даже были засняты.

Наша гипотеза также может объяснить, почему иногда шаровая молния пропадает со взрывом, который не причиняет разрушений. Когда подвод мощности внезапно прекращается, то при малых размерах остывание шара произойдет так быстро, что образуется сфера разреженного воздуха, при быстром заполнении которой возникает ударная волна небольшой силы. Когда же энергия медленно высвечивается, гашение будет процессом спокойным и бесшумным. Выдвинутая нами гипотеза может дать удовлетворительное объяснение, пожалуй, наиболее непонятному из свойств шаровой молнии — ее проникновению в помещение через окна, щели и чаще через печные трубы. Попад в помещение, светящийся шар в продолжение нескольких секунд либо парит, либо бежит по проводам. Таких случаев описано столько, что их реальность не вызывает сомнения. С нашей точки зрения, весьма интересен случай, когда в аэроплан, пересекающий грозовую тучу на высоте 2800 м, влетела шаровая молния. Нашей гипотезой все эти явления объясняются тем, что проникновение в замкнутые помещения шаровых молний происходит благодаря тому, что они следуют по пути коротковолновых электромагнитных колебаний, распространяющихся либо через отверстия, либо по печным трубам или проводам как по волноводам. Обычно размер печной трубы как раз соответствует тому критическому сечению волновода, в котором могут свободно распространяться волны длиной до 30—40 см, что и находится в соответствии с наблюдаемыми размерами шаровых молний, проникающих в помещение. Таким образом, гипотеза о происхождении шаровой молнии за счет коротковолновых электромагнитных колебаний не только может объяснить ряд других известных и непонятных явлений, связанных с явлением шаровой молнии, как то: ее фиксированные размеры, малоподвижное положение, существование цепочек, взрывная волна при исчезновении, — а также ее проникновение в помещение...

5. Телетов Г.С. – модель ШМ (1966г.)

Основной объём шаровой молнии представляет собой светящуюся горячую плазму – среду более лёгкую, чем воздух. По её способности парить почти горизонтально или падать, как тяжёлое тело, погружаться в воду, оставаясь там, можно полагать, что она также содержит плотный сердечник уже не плазменной природы. Допустим, что вещество сердечника – металлический конденсат атомов азота и кислорода, обладающий свойствами твёрдого тела и что высокая удельная энергия шаровой молнии связана с внутренней энергией фазового состояния этого конденсата. Сердечник-кольцо удержится в плазме своим магнитным полем, если в нём будет циркулировать электрический ток.

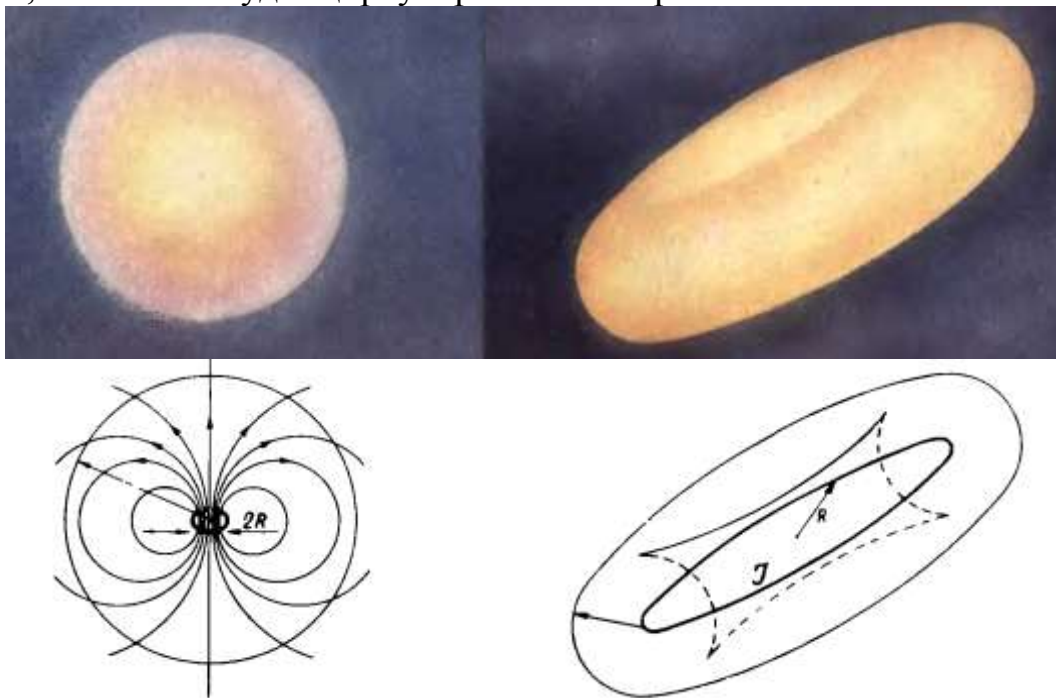


Рисунок 3. Возможное соотношение размеров сердечника и плазменной оболочки для сферической ШМ (слева) и для овальной ШМ (справа)

Этим объясняется взаимодействие шаровой молнии с проводниками то, что она сильно намагничивает ферромагнетики. Долгая её жизнь указывает на то, что вещество кольца находится, вероятно, в состоянии метастабильности и сверхпроводимости. Породит ли такую шаровую молнию очень мощный разряд линейной молнии? В обычной линейной молнии существенно выделение джоулева тепла, а роль электродинамических сил мала. Благодаря этому создаются относительно высокие температуры при невысоких давлениях. Скорость движения разряда между землёй и тучей тем больше, чем он сильнее, и, согласно наблюдениям в главной стадии разряда варьирует в пределах $2 \cdot 10^4$ – $1,5 \cdot 10^5$ км/с. С ростом мощности разряда линейной молнии (при $I > 2 \cdot 10^5$ ампер) становятся существенными именно электродинамические силы, а джоулево тепло в очень мощных разрядах относительно мало. ...Под действием нарастающего сверхнапряжения от грозового облака в

сторону земли мощный разряд продвигается в девственном, невозмущённом воздухе. Когда скорость его движения приближается к скорости света, перед головой разряда в слое очень малой толщины концентрируется очень сильное электрическое поле. Оторванные от небольшой доли всех атомов электроны разгоняются в этом слое до большой скорости без соударений с тяжёлыми частицами (то есть без нагрева вещества). Поэтому образующийся за этим слоем разрядный канал имеет небольшое омическое сопротивление, а холодная плазма обладает большой сжимаемостью.

...Описываемый эффективный процесс сжатия можно назвать электродинамическим коллапсом. Он приводит к сверхвысоким давлениям и высоким плотностям вещества, при относительно низких температурах, очень большим плотностям тока и магнитным полям. Затем, благодаря высокому давлению, в веществе наступает металлическая проводимость. При дальнейшем росте давления в достаточно сильном вырождении электронов, предполагаем наступление в металлическом конденсате сверхпроводящего состояния.

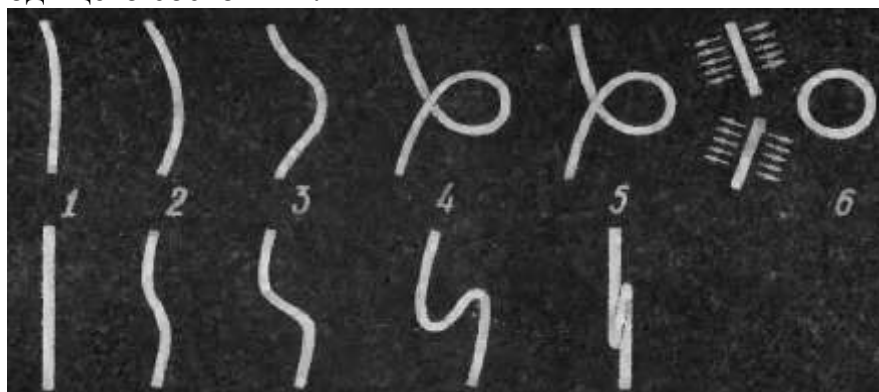


Рисунок 4. Образование сердечника ШМ (в двух проекциях)

...Через некоторое время после завершения сжатия прямой проводник из-за поперечной неустойчивости свернётся в петлю. Она спаяется в кольцо. Ветви, примыкающие к кольцу, взорвутся, когда по ним перестанет течь сверхпроводящий ток. А кольцо окутается плазменной оболочкой. ...Согласно оценкам, для типичной шаровой молнии размером в 20 см необходима амплитуда тока около $5 \cdot 10^7$ ампер. Очевидно, что столь мощные разряды могут быть очень редкими.

...Назовём метастабильное сверхпроводящее состояние металлического сердечника «грозовой материей» (по Араго и Матиасу). Её внутренняя энергия $5,8 \cdot 10^6 = 1400 \text{ ккал/г}$, что почти в 1400 раз больше теплоты взрыва тротила. ...Свечение шаровой молнии обязано высокой температуре плазменной оболочки. Температура же сердечника относительно низкая. На его поверхности происходит распад «грозовой материи» с непрерывным оттоком частиц плазмы. Приток тепла замедлен сильным магнитным полем и малой поверхностью сердечника. Распад этой «грозовой материи» возмещает утечку плазмы из «магнитного сосуда».

6. Дмитриев М.Т., к.х.н. – модель ШМ (1967г.)

...Светимость молнии была значительной, особенно при расстоянии в несколько метров, тем не менее, её всё же можно было свободно рассматривать, без чрезмерного напряжения. Было заметно, что цвет молнии неоднороден. Центральная часть представляла собой шар диаметром около 6-8 см, несколько вытянутый в вертикальном направлении. Эта часть была и наиболее яркой, по своему внешнему виду (кроме формы) весьма напоминая электроразрядный факел в воздухе, получаемый в плазмотронах, с температурой плазмы порядка 13000-16000 градусов. Центральная часть молнии была окружена областью толщиной 1-2 см с густым фиолетовым свечением, очень похожим на свечение воздуха при давлении 0,1 мм рт.ст., бомбардируемого электронами с энергией в несколько десятков электронвольт. Следующая, наружная оболочка, толщиной около 2 см, также была неоднородна, напоминая по цвету тихий электрический разряд при атмосферном давлении или периферийное свечение электронного пучка с энергией в несколько десятков килоэлектронвольт, попадающего из вакуумной трубки в воздух при обычном давлении. Светло-голубое свечение этой части молнии быстро убывало с увеличением расстояния от центрального шара, постепенно сходя на нет. Оболочки молнии хорошо просматривались только в горизонтальном направлении. В нижней части они, вероятно, были сжаты, и их можно было различить только при сопоставлении с боковыми частями молнии. Над молнией сверху оболочки были значительно толще, но не так резко выражены. Кроме того, в них можно было видеть отдельные яркие конвективные струи (как над обычным костром, только цвет их был с беловатым оттенком). Общий диаметр шара составлял около 11-12 см в горизонтальном направлении и около 14-16 см в вертикальном. ...Издали молния имела синеватый оттенок.

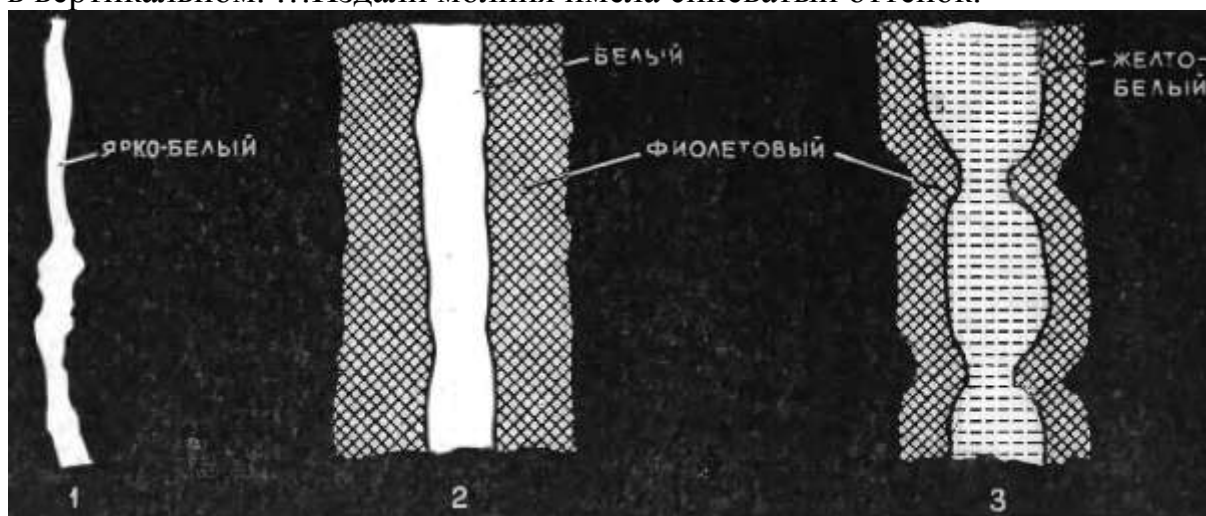


Рисунок 5. Образование ШМ: 1-первоначальный канал линейной молнии; 2-канал, расширившийся в результате диффузии (свободные электроны обогнали положительные ионы, после их захвата образовалось облако отрицательных ионов); 3-при дальнейшем расширении канала происходит образование перетяжек

...В молнии, по-видимому, непрерывно выделялась энергия. На это указывали сплошной шорох и сильные отдельные потрескивания. Вероятно, беспрерывно происходила и утечка её заряда. Выделение энергии резко увеличивалось при соприкосновении молнии с поверхностями (листьями или сучками) и сопровождалось более сильным треском и искрением. Молния оставила после себя сильный запах, по своему характеру почти совпадающий с запахом воздуха, подвергнутого воздействию ионизирующего излучения.

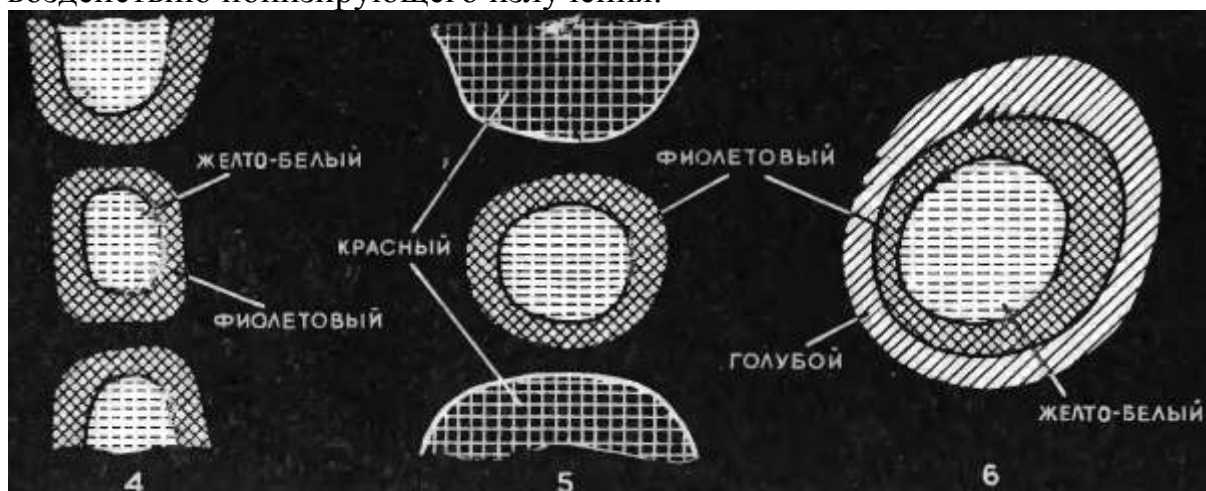


Рисунок 6. 4-обрыв перетяжек и замыкание оболочки; 5-стягивание оболочки и образование шаровой молнии; 6-молния с устойчивыми оболочками

...Если для её средней температуры принять 14000° , то установившаяся в ней степень ионизации должна составлять примерно 22%. Плотность газа в молнии получается равной 25.3 мг/л , а концентрация молекул соответственно $5.3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Следовательно, концентрация заряженных частиц одного знака в молнии составляла около $1.14 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$Представляет интерес оценить запас энергии, имевшейся в молнии. Если считать, что плазма молнии состоит в основном из однозарядных ионов, то средняя энергия ионизации может быть принятой равной $14,5 \text{ эв}$. Если пренебречь далее энергией электронного сродства отрицательных ионов, то суммарная энергия плазмы составляет, с учётом кинетической энергии ионов и нейтральных частиц, $3.32 \cdot 10^{21} \text{ эв}$ (из них 84% приходится на долю ионов). Это количество энергии соответствует 530 дж .

...плазма шаровой молнии должна состоять из положительных ионов, свободных электронов и, в небольшой степени, из отрицательных ионов. При обычных условиях подвижность молекулярных ионов в воздухе составляет примерно $1,4-1,8 \text{ см}^2 \cdot \text{в}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$, в то время как подвижность электронов принимает значение в $400 \text{ см}^2 \cdot \text{в}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ и выше. Можно допустить, что свободные электроны могут значительно быстрее, чем молекулярные ионы, проникнуть из высокотемпературной области (центрального шара), после чего они будут замедляться и захватываться молекулами кислорода. Особенно интенсивно этот процесс должен протекать в момент возникновения плазмы шаровой молнии. Таким образом, можно предполагать, что центральная часть молнии вскоре после её образования

будет стянута облаком отрицательных ионов, что может обусловить её относительную устойчивость. Возможно, что средняя оболочка молнии почти целиком будет состоять из отрицательных ионов, устойчивых при обычных условиях. Свечение этой оболочки могло быть частично вызвано бомбардировкой её молекул электронами, находящимися в центральной области как в ловушке. Создание устойчивой оболочки из отрицательных ионов, по этим представлениям, является важнейшим фактором возникновения шаровой молнии, так как без неё плазма молнии распалась бы за время менее 0,01 сек в результате диффузии заряженных частиц. Электроны, находящиеся в центральной части, удержались бы этой оболочкой в результате электростатического отталкивания. При условии, что отрицательный заряд центральной части молнии значительно больше, чем её оболочки, положительные ионы также должны быть электростатически связаны в центральной части.

...Из всех этих предположений можно заключить, что образование шаровой молнии может происходить лишь в газах, в которых легко получают и длительно существуют устойчивые отрицательные ионы. Процесс образования оболочки, видимо, довольно сложен, особенно при её замыкании, когда часть плазмы оказывается в ловушке. Такие условия могут создаваться, прежде всего, при пробое воздушного промежутка обычной линейной молнией, особенно при благоприятном для этого распределении потенциала в её канале. Возможно, что в некоторых случаях ШМ развивается из побочного лидера, не достигнувшего поверхности земли (или другого облака) в тот момент, когда напряжение на нём резко падает в результате пробоя основного канала линейной молнии. Из сделанных допущений следует, что шаровая молния может возникать при различных атмосферных процессах, однако для её образования, вероятно, всё же необходима ионизация молекул. Такие процессы, естественно, связаны с атмосферным электричеством и, в частности, грозовой деятельностью. По-видимому, образование шаровых молний может происходить и при снегопадах, метелях и снежных лавинах. Получение шаровой молнии, вероятно, возможно и искусственным путём, однако плотность выделения энергии при этом должна быть достаточной. Кроме того, близость различных предметов (в лабораторных условиях) резко уменьшает вероятность образования ионной оболочки и, следовательно, самой молнии. Поскольку предполагается, что основной путь выделения энергии в шаровой молнии – рекомбинация ионов, то и спектр её излучения должен быть в основном рекомбинационным (то есть непрерывным). На фоне этого спектра могут оказаться полосы, соответствующие энергетическим уровням молекул, атомов и ионов азота и кислорода, которые обычно получают в искровом спектре в воздухе.

7. Парфёнов Б., инженер – модель ШМ (1968г.)

...Разряд линейной молнии содержит энергию в виде электромагнитного поля. Напрашивается предположение, что и шаровая молния имеет поле той же природы, переменное или постоянное. Такой конфигурации, которая могла бы устойчиво сохраняться без внешних воздействий, у переменного электромагнитного поля нет. Остается постоянное. Чтобы ломать телеграфные столбы, отрывать доски, разрушать печки (а все это под силу шаровой шалунье), достаточно сконцентрировать в одном кубическом дециметре магнитное поле напряженностью около ста тысяч эрстед. Это большая величина, но не фантастическая, в физических лабораториях получают и более мощные поля. Соответствующая сила электрического тока измеряется примерно миллионом ампер. Постоянный ток может течь только по замкнутому контуру. По кольцу? Нет, оно расплзлось бы в стороны через какие-нибудь доли секунды.

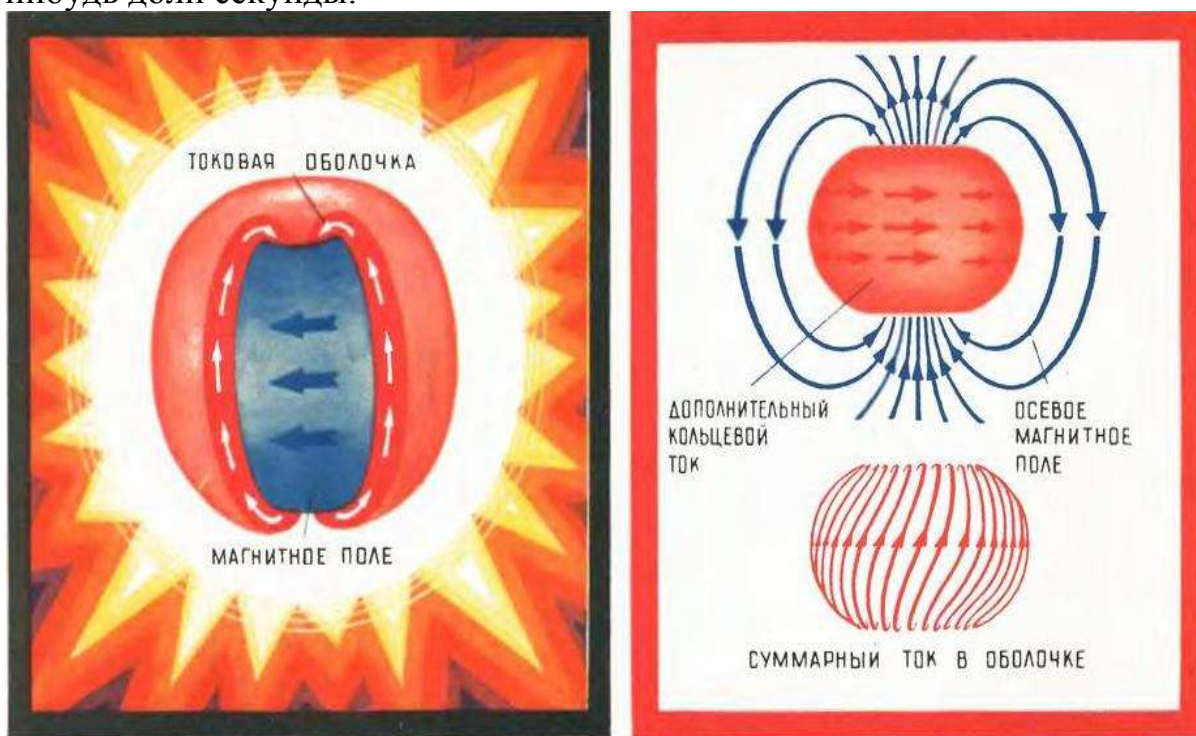


Рисунок 7. Структура шаровой молнии

На наш взгляд, шаровая молния устроена проще, чем шариковая авторучка. У нее всего две "детали": тороидальная токовая оболочка и кольцевое магнитное поле. Их взаимодействие дает интересный эффект - из внутренней полости выкачивается воздух. Это явление хорошо известно, больше того, успешно используется (вспомним электромагнитные насосы для перекачки жидких металлов). Атмосферное давление стремится сжать оболочку, а электромагнитные силы препятствуют давлению. При определенных размерах система приходит в равновесие. Правдоподобна ли такая картина? Обратимся за советом к специалистам по плазме и управляемым термоядерным реакторам. Так вот,

теория показывает, что изображенная на рисунке конфигурация может находиться в равновесии без посторонней поддержки. Уж не природный ли это термоядерный "котел"? Увы, нет: здесь все наоборот. Для термоядерной реакции нужно, чтобы внутри было давление, а снаружи - вакуум. И те силы, которые удерживают в равновесии оболочку шаровой молнии, при переворачивании разваливают конфигурацию раскаленной плазмы. Правда, для равновесия системы требуется еще одно дополнительное условие. На основной ток накладывается кольцевой, и в итоге электрические токовые линии становятся спиралями. Поэтому и магнитное поле внутри слегка искривлено, часть его вдоль оси шара выходит наружу, за пределы токовой оболочки. Теперь подумаем об энергетическом балансе. Если бы шаровая молния выделяла такое же огромное количество энергии, что и линейная, ее существование ограничивалось бы тысячными долями секунды. Помогает опять-таки внутренний вакуум. При низких давлениях и высоких температурах проводимость газа повышается, и для его нагрева при том же токе требуется меньше мощность. Кроме того, разреженный газ хуже проводит тепло, потери на излучение невелики. В итоге огромный ток течет по оболочке, почти не встречая сопротивления.



Рисунок 8. Процесс возникновения шаровой молнии

... как она возникает? ... В конце разряда линейной молнии, когда ток в канале падает до нуля, на некоторых участках центральной оси ток этот может сохраняться значительным. Одновременно на периферии канала может идти противоположный по направлению ток. В момент обрыва токи замыкаются между собой, а затем изолированный участок стягивается в шар, сохраняя весь запас магнитного поля. Когда перетяжек много, возникает несколько шаров. Если они еще и связаны общим осевым полем, получается четочная молния. Помогает ли наша модель объяснить поведение огненного шара в атмосфере? Думается, да. Если бы дело происходило в чистом воздухе, шар, наверное, оставался бы неподвижным или поднимался вверх по закону Архимеда. Но сгорание пылинок

изменяет состав газа и симметрию оболочки. Появляется перепад давлений на внешней поверхности. Поскольку собственной массы у шаровой молнии практически нет, то и небольшие силы способны привести ее в быстрое движение. При некотором разгоне начинает действовать нечто вроде прямоточного реактивного двигателя. Набегающий поток воздуха сжимается, нагревается при соприкосновении с токовой оболочкой, затем отбрасывается назад. Осевое магнитное поле, выходящее далеко за пределы оболочки, наводит токи во всевозможных проводниках. Взаимодействие с ними может вызвать самые разнообразные формы движения, от величавой неторопливости до буйного разгула. Соприкосновение с твердыми телами дает лишь небольшой ожог. Другое дело, когда предметы стискивают шар с нескольких сторон. Его равновесная форма меняется на вынужденную, и электромагнитные силы могут быть значительно больше, чем в свободном состоянии. Так что не стоит удивляться сообщениям, как шаровая молния, протискиваясь через щели, расширяет их, отрывает доски, ломает переплеты и т.д. Если шар только что свалился из-за облаков, он наверняка несет большой заряд, прикосаться к нему опасно. Около земли заряд уменьшается. Можно уже не бояться электрического удара, но нельзя забывать о другой опасности. Взрыв! Он придает выходкам шаровой молнии зловеще-романтическую окраску. Острые предметы прокалывают мягкую оболочку, и наружу выталкивается участок магнитного поля. Рана уже не может сама затянуться, поле ее расширяет и вырывается на свободу. Это происходит в буквальном смысле слова молниеносно, гораздо быстрее искусственных взрывов. Весь ток с оболочки собирается в одно кольцо, и по законам электродинамики оно стремительно расширяется во все стороны. Резким скачком повышается температура, образуется ударная волна, словом, как будто ударила линейная молния. Но взрыв от нагрева воздуха - это одно, а удар магнитного поля - совсем другое. Многие знают, что, удаляясь, шаровая молния устраивает маленький прощальный шум, включая в домах электрические звонки. Это магнитное поле, быстро распространяясь и пересекая провода, наводит в них электродвижущую силу, возникает ток, звонкам не остается ничего другого, как звонить. По той же причине выходят из строя радиоприемники и телевизоры. А кольца и браслеты, таинственно исчезающие прямо с руки? В магнитном поле они становятся как бы вторичной обмоткой трансформатора, замкнутой накоротко. В ней возникает такой чудовищный ток, что кольцо мгновенно испаряется. Его хозяйка не чувствует ни ожога, ни даже тепла, настолько быстро все происходит. Монеты испаряются из закрытого кошелька...

8. Войцеховский Б.В., член.-кор.АН. – модель ШМ (1974г.)

Прежде чем обсуждать природу шаровой молнии, считаем необходимым напомнить читателю несколько экспериментов.

1) Образование электрического ветра при стекании зарядов с острия. Этот эффект подтверждает, что ионы могут увлечь за собой массу воздуха за счет трения. 2) Эксперимент с каплей подкрашенной жидкости, осторожно опускаемой в воду. Под действием силы тяжести, за счет разности удельных весов, капля опускается, увлекая окружающую жидкость, образуется шаровой вихрь. Наблюдателем такой вихрь воспринимается как кольцо. ...В атмосфере могут совершаться процессы, при которых сильно искажается правильность распределения электрических зарядов. Это может происходить в момент грозового разряда, при возникновении смерча или при быстрых перемещениях воздушных масс. Электрические заряды, распределенные в воздухе, создают объемные силы.

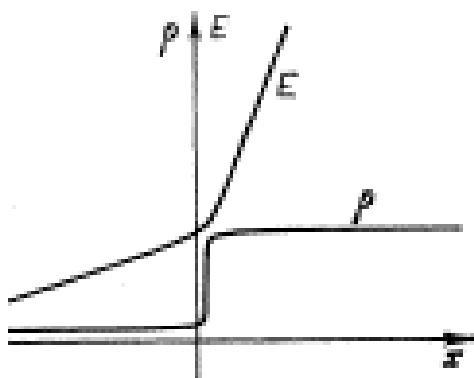


Рисунок 9. ρ -плотность избыточных зарядов, E -напряжённость эл.поля

Рассмотрим частный случай распределения плотности избыточных зарядов, изображенный на рисунке. Механически эта система соответствует расположению тяжелой жидкости над легкой. Такая система неустойчива. На границе раздела будут образовываться выпуклости, способствующие проникновению тяжелой жидкости в объем легкой жидкости и наоборот. Такие выпуклости, возникающие под действием сил тяжести, взаимодействуя с пробиваемым объемом, превращаются в шаровые вихри. Динамика масс, ускоряемых под действием объемной электрической силы, ничем не отличается от динамики масс, ускоряемых силой тяжести. ...показано, что только объем, находящийся в кольце и делающий вихрь видимым, обменивается относительно медленно с окружающей средой, а весь остальной объем шара интенсивно рассеивается вдоль его траектории. ...Таким образом, мы приходим к выводу, что при монотонно меняющейся плотности заряда в какой-нибудь из областей начинается выпучивание границы и соответствующий объем воздуха, ускоряясь, превращается в вихрь, проходящий через всю зону монотонного изменения плотности заряда.

За счет усиления напряженности электрического поля в головной части перемещающейся массы происходит ионизация воздуха, возникает тлеющий разряд. Воздух, ионизированный в тлеющем разряде, частично

рассеивается вдоль траектории шарового вихря и образует его след. Проводимость следа, в свою очередь, поддерживает тлеющий разряд и большую напряженность поля перед шаром. На переднюю часть шара действует электростатическая сила, приводящая его в движение. Таким образом, шаровая молния представляет собой явление перемещения объема газа под действием электростатических сил, при этом в ряде случаев образуется шаровой вихрь. Объем неправильной формы может начать светиться еще до возникновения шара. Свечение перемещающегося объема возникает за счет усиления напряженности электрического поля E в головной части перемещающейся массы. ...Появление шаровых молний в конце грозы объясняется неоднородностями электрического поля из-за предшествовавших разрядов. Шаровые молнии возникают тем легче, чем крупнее носители зарядов, т. е. меньше подвижность ионов. Это имеет место в запыленной, дымной атмосфере и зимой.

...Отсутствие ощущения тепла наблюдателями шаровой молнии вполне естественно, так как возбуждение свечения происходит не за счет тепла, а за счет тлеющего разряда, т. е. имеет место холодное свечение. Многими наблюдателями отмечалось проникновение шаровых молний через мелкие отверстия в окнах, а также через проводящие вставки, например, замочные скважины. В действительности в данном случае имеет место исчезновение вихря — шаровой молнии на одной стороне преграды и благодаря монотонному изменению плотности зарядов возникновение независимого нового вихря, запитываемого вначале через проводящий канал, оставшийся от первого вихря.

...Время жизни шаровой молнии определяется протяженностью области монотонного изменения плотности зарядов, после прохождения этой области шаровая молния исчезает. Если напряженность поля E убывает плавно, то шаровая молния исчезает бесшумно. При внезапном крутом возрастании напряженности электрического поля скорость вихря может подскочить до величины выше критической и начинается искровой пробой впереди и по пройденному каналу, что соответствует взрыву шаровой молнии. При приближении к проводнику молния попадает под встречный электрический ветер, который ее удерживает при удалении от проводника, но направление ветра не может быть симметричным. Как только шар попадает в теневую зону, он тотчас садится на проводник, это может сопровождаться последующим разрядом по пройденному каналу. Создается впечатление большой энергии, накопленной в шаре. В действительности внутри шара незначительная энергия. А при взрыве шаровой молнии происходит высвобождение потенциальной энергии большего объема окружающего электростатического поля. Появление окислов азота объясняется химической реакцией в тлеющем разряде. Шипение или жужжание шаровой молнии также объясняется тлеющим разрядом. Этим же объясняются и радиальные полосы, в некоторых случаях тянущиеся к шару.

9. Хазен А.М., к.ф.-м.н. – модель ШМ (1977г.)

(доклад в Академии Наук представлен академиком Седовым)

Цель настоящей работы — не выходя за рамки известных, хорошо воспроизводимых процессов, объяснить природу и особенности шаровой молнии, отраженные в обобщениях весьма многочисленных наблюдений очевидцев. Хотя опубликовано свыше десятка гипотез о природе шаровой молнии, в том числе и содержащих отдельные элементы проводимого ниже анализа, внутренне непротиворечивой модели этого грозового феномена не существует, в частности, нет ответа на вопрос о подводе энергии к шаровой молнии. Изложение в этой статье построено в форме оценок для необходимых условий существования шаровой молнии, что определяет класс процессов и основу для формулировки замкнутой системы уравнений, описывающих шаровую молнию. Проверку достаточности этих условий наиболее вероятно ждать от эксперимента, постановка которого также приведена в этой работе.

Природа шаровой молнии. На основе анализа наблюдений очевидцев можно утверждать, что шаровая молния есть стационарно существующий в электрическом поле грозы плазменный сгусток с нетепловым характером оптического излучения, перемещающийся под действием электрических и газодинамических сил. Приведенное определение природы шаровой молнии связано с противоречием: электростатическая неустойчивость распределенных зарядов и рассеяние энергии исключают возможность существования такого сгустка без подвода энергии в течение времени, превышающего $10^{-2} - 10^{-7}$ сек. Однако электростатическая неустойчивость может быть подавлена присутствием колебаний электромагнитного поля в объеме плазменного сгустка. Ниже мы покажем, что с учетом этого возникает возможность именно на основе указанных противоречий объяснить стационарность существования шаровой молнии и выявить источник ее энергии.

Удержание электромагнитной энергии и заряженных частиц в шаровой молнии. Для удержания электромагнитной энергии необходима отражающая граница на поверхности плазменного сгустка. Коэффициент отражения на границе двух сред (здесь и далее индекс 1 соответствует плазме шаровой молнии, индекс 2 — ее окрестности) при нормальном падении волн на границу раздела: $N \dots$

Если в атмосфере существует плазменный сгусток с электромагнитными колебаниями частоты ω , в котором электронная концентрация n больше величины, соответствующей условию $\omega_1(n)/\omega=1$, то его распад в силу электростатической неустойчивости обязательно приведет к возникновению пограничной зоны, в которой для данной частоты ω величина $\varepsilon_1 \rightarrow 0 \dots$ неоднородность электронной концентрации в плазменном сгустке, связанная с его распадом, приводит к возникновению

отражающей границы для электромагнитных волн. Время распада такого сгустка, как было упомянуто выше, хотя и мало, но много больше периода колебаний $2\pi/\omega$, поэтому электромагнитные колебания в шаровой молнии можно рассматривать как квазистационарные. Это позволяет применить к шаровой молнии методы решения задачи о сферическом резонаторе, откуда для низшего типа колебаний порядок диаметра резонатора соответствует порядку длины волны, определяемому фазовой скоростью... Граничные условия в таком резонаторе удовлетворяются за счет выполнения $\epsilon_1 \rightarrow 0$ на его периферии. В силу неоднородности электронной концентрации внутри резонатора $\epsilon < 0$, и поле... вытесняется из зоны его центра, достигая максимума в замкнутой области с осевой симметрией, мало отличающейся от сферической. Но такое распределение напряженности поля определяет удержание заряженных частиц, образующих резонатор, и компенсацию реакции излучения при отражении волн от его границы, т. е. возможность остановки электростатического распада плазменного сгустка... осредненное электростатическое поле собирает электроны в потенциальную яму внутри резонатора...

Подвод энергии к шаровой молнии и его связь с рассеянием электронов. Источник энергии шаровой молнии - электрическое поле грозы. Рассеянные из шаровой молнии электроны определяют возможность подвода к ней от этого поля энергии, необходимой для поддержания электромагнитных колебаний...

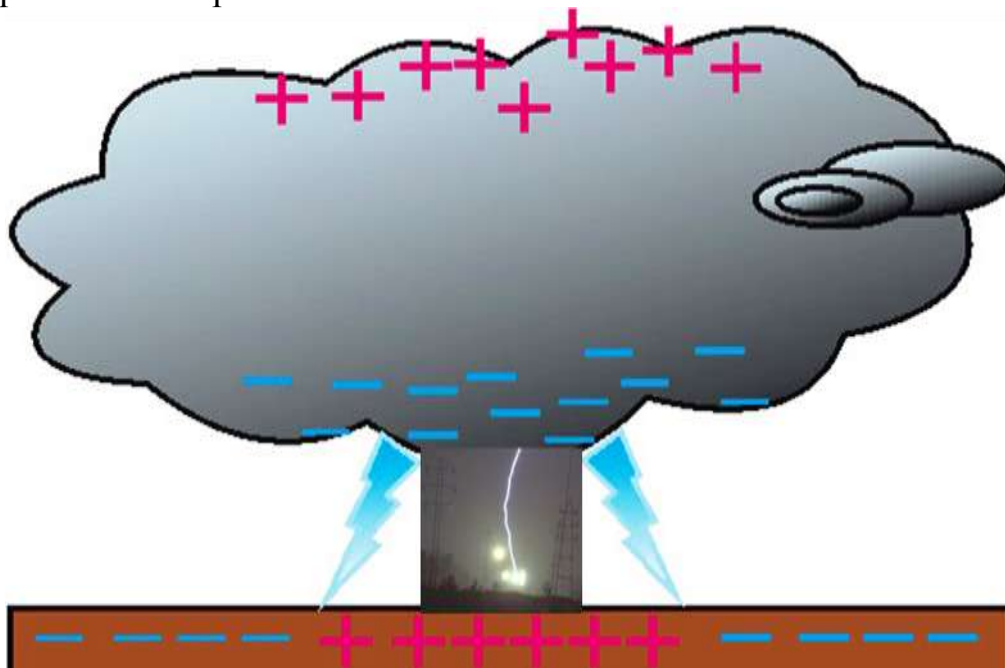


Рисунок 10. Иллюстрация автора к модели ШМ к.ф.-м.н. Хазена

При некоторой критической напряженности поля E_2 все электроны, начальные скорости которых v_0 в направлении поля больше v_a , будут ускоряться, образуя дрейфовый поток... Поле возмущает только одну компоненту скорости электронов и при большой частоте соударений, характерной для атмосферы, диффузионный поток будет существовать на

фоне максвелловского распределения по скоростям с температурой T_2 и наиболее вероятной тепловой скоростью v_{T2} ...

Ускорение электронов за счет падающего участка зависимости $v(v)$ есть отбор тепла от электронного газа вне шаровой молнии, поэтому электрическое поле E возвращает часть тепла в виде энергии упорядоченного потока электронов обратно в шаровую молнию. Возможно, что к.п.д. этого процесса весьма мал, но это не уменьшает его значения ни для регулирования подвода мощности к шаровой молнии от электрического поля грозы, ни как элемента уменьшения потерь тепла с рассеянными из шаровой молнии электронами...

Возможность подведения достаточно большой мощности при малых напряженностях поля объясняет существование шаровой молнии внутри помещений. Искрение от шаровой молнии (фейерверочная шаровая молния) возможно потому, что при относительно малых напряженностях поля, несмотря на высокую концентрацию электронов, полный пробой не реализуется. Взрыв шаровой молнии — это увеличение подвода мощности при росте T_2 за счет рассеяния электронов или развитие, возможно частичного, пробоя линейной молнии. Трансформация продольных волн в поперечные для неоднородных плазменных областей — известный экспериментальный факт, поэтому подведенная к плазменным волнам энергия может поддерживать электромагнитные колебания в шаровой молнии. При этом должен одновременно реализоваться резонанс как для электромагнитных, так и для плазменных колебаний...

Возникновение шаровой молнии. Начальное условие возникновения шаровой молнии — образование плазменного сгустка с высокой концентрацией электронов, например, в распадающемся канале линейной молнии, в головке стреловидного лидера, при пробое с металлического острия. Электромагнитные колебания в этом сгустке могут возбуждаться за счет их генерации в линейной молнии (экспериментальный факт). Ограничения проводимости атмосферы постоянному току и развитие плазменных колебаний останавливают линейный пробой. Трансформация продольных волн в поперечные обеспечивает стационарное состояние шаровой молнии, а также ее возникновение в отсутствие линейной.

Постановка экспериментальной задачи. Решающий фактор - это создание плазменного сгустка с высокой ($10^{15} - 10^{17} \text{ см}^{-3}$) концентрацией электронов в разрядном промежутке с несамостоятельной проводимостью, соответствующей токам $10^{-6} - 10^{-3} \text{ а/м}^2$. Наиболее технически обеспеченный путь — лазерным пробоем (диапазон 10 мкм) создается начальная ионизация. Постоянное электрическое поле меньше пробойного создается в плоскости вектора E линейно поляризованного излучения лазера. Целесообразно ввести пары воды, повышение давления до 5 - 8 атм. для изменения отношения v/ω .

10. Гулак Ю., к.ф.-м.н. – модель ШМ (1982)

Будем считать, что удар линейной молнии является не только актом, предшествующим моменту фиксации, а и непосредственно порождающим шаровую молнию. Так как она неизменно «появляется» на небольшой высоте, допустим, что это и есть область ее рождения. ... Именно здесь, у поверхности, на встречных, мчащихся со скоростью 10^7 м/с - 10^8 м/с стримерах, в сопровождении самого оглушительного удара, знаменующего столкновение «небесного» и «земного» лидеров, рождаются «шарики». На вопрос «Что собой представляют они?» обычно отвечают: «Компактный, довольно устойчивый сгусток плазмы».

Спору нет, из плазмы рождается «шарик», но это уже не просто плазма, а возникшее из нее качественно новое таинственное образование. Никто же не назовет охлажденный до абсолютного нуля металлический проводник сгустком высокотемпературной плазмы. ...Одной из важнейших характеристик плазмы является ее квазинейтральность, то есть практически точное равенство плотности ионов и электронов. Очевидно, о таком свойстве есть смысл говорить не тогда, когда равновесие объемных зарядов проявляется по отношению ко всему пространству, занимаемому плазмой, а лишь в тех случаях, когда квазинейтральность присуща каждому самому маленькому ее объему.

А если в грозовом облаке возникли электрические поля напряженностью 10^6 В/м? Если вот-вот ударит «быстрая, как свет» молния, первопричиной разряда которой служит именно нарушение квазиравновесного состояния? Если именно для восстановления утраченной локальной нейтральности помчатся по сверхпроводящим каналам упорядоченные полчища легких и потому сверхбыстрых электронов? Разве в этот миг сохраняется без изменений важнейший признак плазмы и связанные с ним равновесные процессы и явления? Конечно же, нет! А следовательно, это уже не квазинейтральная плазма. Вокруг молнии, вокруг упорядоченно мчащихся зарядов, вокруг электрического тока (а не просто плазмы!) возникает мощное магнитное поле. Это благодаря ему сохраняется тончайшее в сравнении с протяженностью (в миллионы раз меньшее) сечение токопроводящего канала. Срабатывает пинч-эффект, эффект самостягивания, свойство электрического токового канала уменьшать в упругой проводящей среде свое сечение под действием собственного, порождаемого им самим магнитного поля. И до тех пор, пока по каналу течет ток, магнитное поле, с одной стороны, будет сжимать его, не позволяя расползтись по сторонам, а с другой — изолировать от внешних воздействий. Через тонкий канал за мгновения проносится огромное количество электричества преимущественно одного знака и в одном направлении. Это возможно только при исключительно высокой проводимости. Допустить, что в пределах одного и того же сечения мчатся быстрые электроны и перемещаются тяжелые увальни-ионы, нельзя, так как последние играли бы роль препятствий, существенно снижающих проводимость канала. Предположение о сонаправленной

одинаковой скорости разноименных зарядов вдоль одного канала вообще невозможно, поскольку это привело бы к огромному числу рекомбинаций, к нейтрализации вещества в нем. Следовательно, в молнии разноименные заряды разделены, изолированы. По осевому сверхпроводящему каналу мчатся электроны. Возбуждаемое ими магнитное поле и сжимает канал, и ограждает его от ионов, закручивая, навивая последние на канал по спиралям и формируя таким образом из них как бы внешнюю не только «бронированную, а и токопроводящую оплетку. Ионы тянутся (по закону Кулона) к отрицательно заряженному каналу, но не могут преодолеть центробежной силы (в центральном поле сохраняется момент импульса). Так в природе естественно образуется бронированный коаксиальный сверхпроводящий кабель, названный линейной молнией. А теперь представьте, что участок такого кабеля свернулся в кольцо, замкнулся сам на себя, создав тороидальную систему. Конечно, обычно замыкается не основной ствол линейной молнии, а один из тысяч тонких стримеров, завихрившихся в момент катастрофического столкновения встречных, небесного и земного, ступенчатых лидеров. Так и образуется шаровая молния: из «пены» электрических круговертей рождается идеальная самоорганизующаяся, прочная внутренними связями система-ловушка, напоминающая миниатюрный естественный токамак.

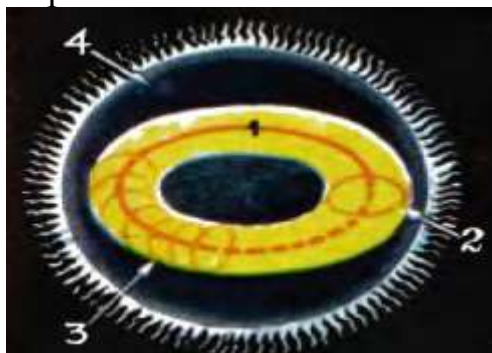


Рисунок 11. ШМ. 1-сверхпроводящий ток, 2-тороидальное магнитное поле, 3-ионная оплётка, 4-видимый сфероидальный ореол.

Его магнитное поле создает, с одной стороны, условия для сверхпроводимости во внутреннем осевом канале тора, а с другой — «бронирует» его внешнюю поверхность тяжелыми ионами, не допуская быстрого рассеивания запасенной в системе энергии. А «благодарные» токи, в первую очередь текущий по каналу поток электронов, экономно расходуют свою энергию на поддержание магнитного поля, непосредственно сберегающего существование всей системы.

Вы спросите, при чем же здесь замороженный металлический проводник? Он сверхпроводник, и люди уже научились в лабораториях запускать по его кольцу ток, который затем течет в замкнутой цепи без всяких ЭДС....

Нужно лишь поддерживать внешние необходимые условия. На Земле подобных условий для поддержания «шарика» нет, и потому при нарушении одного из звеньев его единого организма он взрывается, обижаясь на окружение за непонимание его сложной простоты.

11. Ацюковский В.А., д.т.н. – модель ШМ (1997г.)

Шаровая молния (ШМ) - это одиночная ярко светящаяся относительно стабильная небольшая масса, которая наблюдается в атмосфере, плавающая в воздухе и перемещающаяся вместе с потоками воздуха, содержащая в своем теле большую энергию, исчезающая тихо или с большим шумом типа взрыва и не оставляющая после своего исчезновения никаких материальных следов кроме тех разрушений, которые она успела натворить. Обычно возникновение ШМ связано с грозовыми явлениями и естественной линейной молнией. Но это не обязательно. Известны случаи, когда ШМ выскакивает ни с того ни с сего из обычной штепсельной розетки, из магнитного пускателя, укрепленного на токарном станке. Известны также случаи внезапного появления ШМ на крыле летящего самолета и устойчиво перемещающейся по крылу от его конца к фюзеляжу. Обычно такое появление ничего хорошего не предвещает, так как проникновение ее в кабину или в салон самолета сопровождается различными неприятностями: приборы выходят из строя, часть кабины разрушается, возможны жертвы.

Создано значительное количество гипотез о природе и структуре ШМ, такие, как светящееся облако ионов воздуха, подпитываемых извне; плазменные и химические теории; кластерные гипотезы (ШМ состоит из кластеров гидратных оболочек ионов) и даже предположение о том, что ШМ состоит из антивещества и управляется внеземными цивилизациями. Общим недостатком всех подобных теорий, гипотез и моделей ШМ является то, что они не объясняют всех ее свойств в совокупности.

Каковы же свойства шаровых молний, почерпнутые из наблюдений за их поведением? Попробуем их перечислить:

- размер устойчивой ШМ составляет от единиц до десятков см;
- форма шарообразная или грушевидная, но иногда расплывчатая, по форме прилегающего предмета;
- яркая светимость, видимая в дневное время;
- высокое энергосодержание 10^3 - 10^7 Дж;
- удельная масса, совпадающая практически с удельной массой воздуха в районе появления (ШМ свободно плавает в воздухе);
- способность прилипать к металлическим предметам;
- способность проникать сквозь диэлектрик (стекло, в частности);
- способность деформироваться и проникать в помещения через малые отверстия типа замочных скважин, а также сквозь стены, по линиям проводов и т. п.;
- способность взрываться самопроизвольно либо при соприкосновении с предметом;
- способность поднимать и передвигать различные предметы; а также некоторые другие свойства, менее существенные.

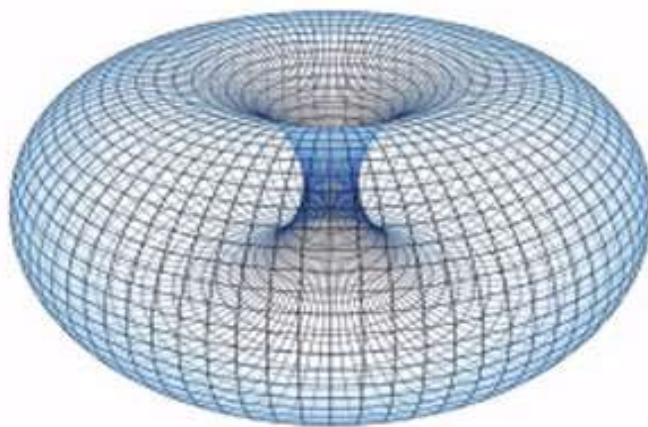


Рисунок 12. Иллюстрация автора к модели ШМ д.т.н. Ацюковского

С точки зрения эфиродинамики ШМ - это тороидальный винтовой вихрь слабо сжатого эфира, отделенный пограничным слоем эфира от окружающего эфира. Энергия ШМ - это энергия потоков эфира в теле молнии. Численные оценки показывают, что при диаметре 6 см и энергосодержании в 10^7 Дж, при толщине стенки тороида 1 см и при начальном диаметре эфирного шара 60 м (граница магнитного поля в момент прохождения обычной молнии) общая энергия за счет сжатия шара окружающим эфиром возрастет пропорционально квадрату отношения начального и конечного диаметров, т. е. в миллион раз! То есть для обеспечения энергосодержания шара с энергией в десять миллионов джоулей достаточно, чтобы начальное содержание энергии в потоках эфира было бы всего десять джоулей. При этом за счет сжатия плотность тела молнии также возрастет в миллион раз и составит 10^{-5} кг/м³. Общая масса молнии при этом составит 10^{-9} кг или 1 мкг, в то время как масса воздуха в этом объеме при давлении в 760 мм рт. ст. будет равна 100 мг, т.е. в 100 тысяч раз больше. Вот поэтому ШМ и держится в воздухе на любой высоте за счет сцепления эфирных потоков тела молнии с эфирными же потоками тел молекул воздуха. Высокое энергосодержание молнии будет обеспечиваться соответствующей скоростью потоков эфира в ее теле. Для указанного энергосодержания она должна составить $1,4 \cdot 10^7$ м/с, что значительно меньше скорости света. Свечение воздуха это несущественное следствие возбуждения молекул воздуха потоками эфира, сопутствующее, энергетически незначительное явление. Таким образом, все эфиродинамические параметры ШМ весьма умеренные. Саму молнию можно трактовать, с определенными натяжками, конечно, как сильно сжатое и локализованное в пространстве магнитное поле. Несложно видеть, что предлагаемая модель позволяет объяснить все основные свойства ШМ, **исключая, разве что, исчезновение браслета с руки человека** (действительный случай) - размер, форму, светимость, высокое энергосодержание, удельную массу. Способность прилипать к металлам объясняется наличием градиента скоростей в потоках эфира вблизи металла и снижением в связи с этим давления эфира между телом молнии

и металлом. Тем же объясняется и подъемная сила молнии. Случай с летящим самолетом, когда ШМ прилипла к крылу, объясняется этим же. Потоки эфира возбуждают молекулы газа, которые прекращают свечение, как только они покидают тело молнии. Потоки эфира свободно проникают сквозь изолятор аналогично магнитному полю. Поскольку свечение воздуха является попутным явлением, то понятно, что воздух, выйдя из тела молнии, светиться перестанет, а после того как молния окажется по другую сторону изолятора, например, оконного стекла, новая часть воздуха, попавшая в ее тело, начнет светиться, создавая впечатление, что сквозь стекло прошло именно само свечение. Взрыв автономно существующей ШМ несложно объясняется потерей устойчивости пограничного слоя эфира, что может быть ускорено соприкосновением тела молнии с каким-нибудь предметом. После взрыва никаких следов от молнии, кроме произведенных разрушений, не должно остаться, реально их и нет. Таким образом, эфиродинамическая модель ШМ объясняет практически все основные свойства ШМ в совокупности.

ШМ, по мнению автора, является ключом к разрешению энергетической проблемы. Поскольку при сжатии тела молнии эфиром происходит самопроизвольный переход потенциальной энергии эфира (хаотического движения амеров) в кинетическую (упорядоченное движение амеров), то ШМ является природным механизмом получения энергии из эфира. А поскольку эфир распространен повсеместно, то искусственные ШМ позволили бы полностью решить проблему бессырьевого получения экологически чистой энергии в том количестве, которое необходимо в данном месте в данное время. Как можно получить ШМ? Этого сегодня практически не знает никто. Можно, однако, высказать некоторые предположения. Если по проводнику пропустить ток, а затем его резко оборвать, то окружающее проводник магнитное поле должно схлопнуться, самопроизвольно сжаться, локализоваться и образовать тело ШМ. Однако такое схлопывание произойдет лишь в том случае, если будут созданы условия образования градиентного течения эфира на поверхности магнитного поля, если форма магнитного поля будет приближена к шаровой и если ток в проводнике будет оборван так резко, чтобы магнитное поле не успело спрятаться обратно в проводник. Все это требует крайне коротких фронтов импульсов, длительность которых не должна превышать десятых долей наносекунд при значениях токов в проводнике в десятки тысяч ампер. Электронные ключи, которые должны все это обеспечить, должны не только прерывать такие большие токи, но еще и противостоять электродвижущей силе самоиндукции в десятки и даже сотни киловольт, а собственная емкость этих ключей не должна превышать единиц пикофарад. Электронные ключи с подобными параметрами пока не созданы, и неизвестно, можно ли их вообще создать. Однако природа как-то умудряется обходиться и без электронных ключей, и без разрядников, и даже без гроз. Как это удается природе?

12. Торчигин В.П., д.т.н. – модель ШМ (2009г.)

Феномен шаровой молнии (ШМ) остается неразгаданным до настоящего времени. «Шаровая молния: нерешенная проблема физики атмосферы» - это название последней изданной монографии в 1999 году. Мы можем уточнить это утверждение и сказать, что шаровая молния – это позор современной физики. Она проникла в тайны ядра и вселенной, изобрела лазеры и транзисторы, которые в корне изменили условия жизни и деятельности человечества. Однако загадочное природное явление, которое наблюдается и изучается учеными в течение многих веков, не нашло удовлетворительного объяснения до настоящего времени. Известно более 200 различных теорий ШМ, проведена их систематизация и классификация, однако ни одна из них даже приблизительно не может объяснить загадочное и интригующее поведение шаровых молний, которое в определенной мере напоминает поведение некой высокоорганизованной материи. Физики не могут представить себе объект, подчиняющийся общепринятым законам физики, свойства которого совпадали бы со свойствами шаровой молнии. Действительно, невозможно представить себе автономный объект, который мог бы чувствовать и обходить препятствия, проникать в помещение сквозь оконные стекла и узкие щели, изменяя при этом свою форму, мог двигаться против ветра, мог сопровождать летящий самолет и не сдуваться потоком воздуха, скорость которого больше, чем в сильнейшем урагане. Этот объект излучает холодный белый свет, который не жжет, в отличие от белого света, излучаемого любым телом, нагретым до белого каления. Это что-то принципиально новое. В 1838 году известный французский ученый Араго впервые опубликовал обзор 20 сообщений о встречах с шаровыми молниями. После 16 лет исследований этого явления он писал в 1854 году: «Шаровые молнии, о которых я упоминал много раз и которые привлекают к себе внимание, во-первых, плавностью и неопределенностью своего движения и, во-вторых, величиной разрушений, которые они производят при взрыве, на мой взгляд являются наиболее необъяснимой проблемой современной физики. Эти огненные шары казалось бы должны быть агломератами некоторой материальной субстанции, совпадающей с субстанцией самой молнии. Как такие агломераты формируются? Из какого участка молнии они происходят? Откуда берется вещество для их образования? Какова их природа? Почему они иногда останавливаются при движении, а после начинают двигаться более быстро? Наука бессильна ответить на эти вопросы». В настоящее время, спустя полтора века, наука не может ответить ни на один из поставленных вопросов. Более того, перспективы разгадки этого явления весьма туманны. Изучение физики шаровой молнии зашло в тупик. Например, известный журнал Nature, в котором в течение последнего века опубликованы десятки гипотез, в последнее время с отчаяния прекратил публикации о шаровой молнии.

Нужны какие-то принципиально новые идеи. Это весьма трудная задача, так как в течение веков уже были предложены все мыслимые гипотезы. Однако ни одна из них не смогла объяснить наблюдаемые свойства шаровых молний. По образному выражению репортера известного американского журнала New Scientists Роберта Метьюза «Шаровая молния представляет собой летающий мешок парадоксов».

Авторам удалось придумать совершенно новый объект, а затем тщательно исследовать его свойства, опираясь на известные законы физики. Разумеется, он совершенно необычен, о его существовании никто ранее не подозревал. Поэтому такой объект не мог изучаться ни теоретически, ни экспериментально. ... Рассматриваемый объект действительно представляет собой летающий мешок. Однако он наполнен не парадоксами, а совершенно пуст. Вернее внутри него находится такой же воздух, как и вне его. Шаровая молния (ШМ) представляет собой саму замкнутую прозрачную пленку. В качестве такой пленки выступает тонкий слой сильно сжатого воздуха, в котором по всем направлениям циркулирует обычный интенсивный белый свет, поддерживая избыточное давление воздуха в пленке благодаря создаваемому светом электрострикционному давлению. Показатель преломления пленки больше показателя преломления окружающего пространства. Пленка выступает как планарный световод, кривизна которого отлична от нуля. Свет, введенный в такую пленку, может распространяться в ней по всем направлениям, но остается в пленке и не излучается в окружающее пространство. Таким образом, шаровая молния – это комбинация света и пленки сжатого воздуха. Сжатый воздух обеспечивает циркуляцию света в пленке. Циркулирующий свет, в свою очередь, обеспечивает сжатие воздуха. Можно сказать, что ШМ – это самоограниченный свет, циркулирующий в тонком замкнутом слое сжатого воздуха, который этим светом и образован. Иными словами, свет циркулирует в замкнутой ловушке, которую он сам создает. Когда это образование становится неустойчивым, свет разлетается во все стороны свободного пространства, а воздух расширяется. При этом шаровая молния, как обычно говорят, исчезает «бесследно».

...Если ШМ находится в однородном воздухе, где нет избранного направления, оболочка под действием сжатого в ней воздуха приобретает сферическую форму. В этом случае ШМ представляет собой световой пузырь, напоминающий мыльный. Однако вместо мыльной имеется тонкая пленка сильно сжатого воздуха. В некоторых случаях световой пузырь может быть заряжен, в других случаях пленка может состоять из других газов. Однако во всех случаях ШМ состоит из тонкой сферической пленки, в которой циркулирует интенсивный свет. Таким образом, ШМ – главным образом явление оптической природы. Физические процессы, которые привлекаются к объяснению этого явления, известны более века. Поэтому такое объяснение ШМ могло появиться много лет назад.

Существует достаточно простой критерий, по которому, не будучи выдающимся физиком, а руководствуясь обычным здравым смыслом, сразу можно забраковать 99% существующих гипотез. Действительно, если ШМ может проникать через стекло, то ШМ не может состоять из частиц, поскольку любые частицы (электроны, ионы, атомы, молекулы, наночастицы и микрочастицы, не говоря уж о более крупных), не могут проникать через стекло. Такой же вывод можно сделать из того факта, что ШМ могут двигаться против ветра. Независимо от того, какие внутренние процессы имеет место между частицами в ШМ, внешняя сила в виде ветра увлечет за собой эти частицы, а следовательно и ШМ. Эти выводы следуют из знаний, полученных по физике в средней школе. Не является исключением из указанных 99% и наиболее популярная в настоящее время теория ШМ Абрахамсона и Динниса, согласно которой ШМ возникает благодаря процессам окисления наночастиц кремния в воздухе. Эти частицы образуются в результате реакции окислов кремния и углерода при ударе линейной молнии в землю. Исключение может представлять несколько теорий, где появление ШМ связывается с присутствием некоторых внешних полей, в местах концентрации которых происходит разряд. Поля прекрасно проникают через стекло и не сдуваются ветром. Однако эти гипотезы не в состоянии объяснить странности поведения ШМ, которые в значительной мере зависят от специфики окружающих ШМ объектов. Например, ШМ проникает в помещение через щель или через окно, а не через стену, ШМ обходит в помещении препятствия. ШМ движется около пола, а не около потолка.

В первую очередь указанному критерию удовлетворяет электромагнитное излучение и, в частности, свет. Свет может проникать через окна. Окна для того и предназначены, чтобы через них проникал свет. Световой луч не сдувается ветром. Как известно свет распространяется прямолинейно. Обычно световой луч приводят в качестве примера прямой линии. Вообще говоря, световой луч может изогнуться в направлении увеличения показателя преломления атмосферы, в которой он распространяется, а не в направлении ветра. Этим обстоятельством объясняются миражи в пустынях. Скорость света более чем в миллион раз превосходит обычную скорость других объектов на земле, имеющих массу. Однако невозможно представить, чтобы свет мог быть сконцентрирован в некотором ограниченном объеме, размером с шаровую молнию без помощи других частиц. Правда, ШМ существует в атмосфере, где множество молекул воздуха. Оказывается, что они могут решить эту задачу.

13. Власов А., д.т.н. – модель ШМ (2009г.)

Сильное электрическое или переменное электромагнитное поле ионизирует атомы и молекулы газа – возникает плазма и происходит электрический разряд. Газовые разряды можно условно разбить на две основные группы по признаку: замыкаются силовые линии электрического поля или нет, иначе говоря – вихревое электрическое поле или потенциальное. Если напряжение подают на электроды, силовые линии электрического поля замыкаются на них, а не в плазме. Пара электродов ведёт себя как конденсатор, поэтому такие разряды называют ёмкостными или Е-типа. Электрическое поле может быть постоянным, переменным или импульсным. К другой категории относятся безэлектродные индукционные разряды Н-типа, при возбуждении которых определяющую роль играет электромагнитная индукция. Через катушку индуктор пропускают ток высокой частоты или импульсный ток, создающий магнитное поле. Под действием переменного магнитного потока внутри катушки возникает вихревое электрическое поле. Его силовые линии представляют собой замкнутые окружности, concentric с витками катушки. Это электрическое поле может зажигать и поддерживать разряд, причём токи также замкнуты и протекают вдоль линий поля.

Если полагать, что обе молнии – и линейная и шаровая – это газовые разряды, то линейную следует отнести к категории разрядов Е-типа, поскольку имеются электроды, например облако и земля. ШМ естественно отнести к категории индукционных разрядов Н-типа.

Накопленный материал наблюдений позволяет установить несколько присущих шаровой молнии особенностей:

- ✚ Она может производить электромагнитные воздействия, особенно сильные при её гибели со взрывом, и выводить из строя электроприборы;
- ✚ Время её жизни – от десятых долей секунды до нескольких минут;
- ✚ Шаровая молния может существовать в закрытых помещениях, в том числе и с электромагнитной экранировкой, например в железобетонных строениях;
- ✚ Её внутренняя температура достигает нескольких тысяч градусов (судя по спектру светового излучения), но внешняя поверхность имеет, как правило, низкую температуру.

Перечисленных свойств с учётом физики газовых разрядов достаточно для обоснования структуры молнии и её физических свойств. ШМ при распаде выделяет ранее запасённую энергию. Как и в любом замкнутом пространстве, в ШМ энергия может существовать в виде переменного электромагнитного поля, постоянного электрического или постоянного магнитного поля. Переменное электромагнитное поле может долго храниться только в резонаторах с чрезвычайно высокой добротностью (отношением величины запасённой энергии к средней за период колебаний мощности потерь), достижимой лишь в оптическом диапазоне. Однако свет не способен производить электромагнитные воздействия, и эта

возможность отпадает. Если большая энергия заключена в постоянном электрическом поле, внутри молнии не может быть высокой температуры, поскольку она приводит к ионизации вещества и нейтрализации разделённых зарядов. Но спектр её излучения соответствует именно высокой внутренней температуре, и, следовательно, сильного электрического поля там нет. Постоянное магнитное поле имеет две формы. Оно может быть полоидальным (поле витка с током) или тороидальным (поле катушки с током, свёрнутой в тор).

Посмотрим, может ли основная часть электромагнитной энергии сосредоточиться в полоидальном поле (магнитном диполе), которое создаёт плазменный виток с током. В этом случае на каждый его участок действуют силы Ампера, стремящиеся расширить виток, который распадётся за тысячные доли секунды. Это противоречит свидетельствам о времени жизни ШМ, и, следовательно, полоидальное магнитное поле электромагнитную энергию хранить не способно. Из сказанного следует, что основным носителем электромагнитной энергии в ШМ может быть только постоянное тороидальное магнитное поле. Классик термоядерного синтеза Шафранов доказал: оно может существовать в плазме в виде кольца с поверхностным винтовым током. Остаётся, однако, непонятным, почему поверхность ШМ холодная.

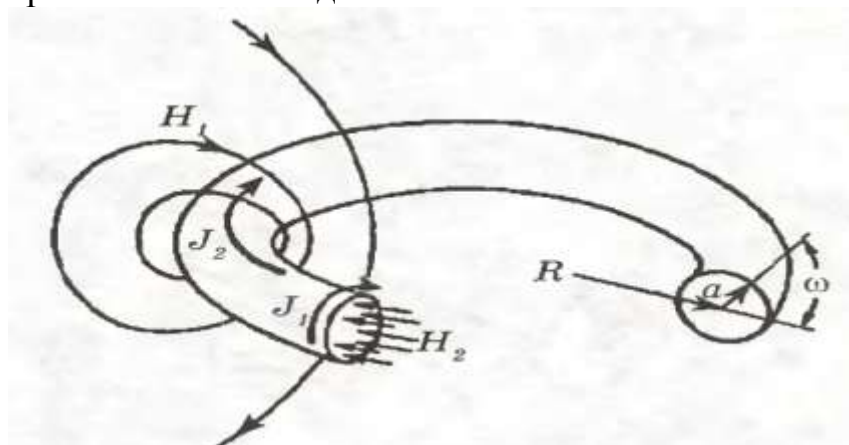


Рисунок 13. Кольцо с поверхностным винтовым током в плазме

Создать токовое кольцо с полоидальным током может только безэлектродный индукционный газовый разряд. Гипотезу о ШМ как высокочастотном разряде в сфокусированном электромагнитном излучении линейной молнии выдвинул академик Капица. Однако его предположение не подтвердилось. Поэтому обратимся к импульсным индукционным разрядам, возникающим при резком нарастании магнитного поля (они называются «тета-пинч»). На рисунке ниже показана часть тороидальной конструкции для формирования такого разряда. После замыкания ключа, подающего на виток напряжение от ёмкостного накопителя, ток витка и магнитное поле, создаваемое им, быстро нарастают, индуцируя в разрядном объёме сильное вихревое электрическое поле. Возникает газовый разряд, направление тока в котором, в соответствии с правилом Ленца, противоположно направлению

тока витка. Силы, действующие на элементы тока плазмы, согласно правилу левой руки направлены к оси разрядного объёма. В результате плазма сжимается к оси разрядного объёма и может быть полностью окружена магнитным полем. Непосредственно после размыкания ключа ток витка и созданное им магнитное поле быстро спадают. В разрядном объёме индуцируется сильное вихревое электрическое поле. Возникает газовый разряд (плазма), направление тока в котором совпадает с направлением тока витка (правило Ленца). Силы, действующие на элементы тока плазмы, направлены от оси разрядного объёма (правило левой руки). В результате плазма отжимается от оси, а протекающий по ней ток удерживает часть имевшегося в плазме магнитного поля.



Рисунок 14. Часть тороидальной конструкции для удержания плазмы

Остаётся необъяснённым довольно длительное время её жизни. Дело в том, что обычная плазма имеет весьма большое удельное сопротивление и ток плазмы внутри вихревого кольца должен затухать за тысячные доли секунды. Поэтому необходима ещё одна физическая идея, которую мы заимствуем из техники управляемых термоядерных реакций. В сильных вихревых полях электроны плазмы могут переходить в режим непрерывного ускорения и разгоняться до релятивистских скоростей. С увеличением скорости и соответственно кинетической энергии электронов удельное сопротивление плазмы резко падает, и ток ускоренных электронов в кольце может существовать весьма долго. Величину электрического тока в плазме определяет в основном направленное движение электронов, поскольку их скорость намного больше скорости ионов. Поэтому считают, что электрон налетает на неподвижный ион и рассеивается тем сильнее, чем меньше так называемый прицельный параметр. Под воздействием поля иона изменяется импульс электрона, и он отклоняется от линейной траектории. При отсутствии электрического поля вектор скорости электрона хаотически меняется и в среднем равно нулю. Наложение электрического поля на плазму приводит к направленному движению электронов.

Подводя итоги, приходим к заключению, что основой ШМ должен служить индукционный разряд внутри вихревого кольца.

14. Бутусов К.П., к.ф.-м.н. – модель ШМ (2010 г.)

Тщательно изучив литературу о наблюдениях шаровой молнии (ШМ), Бранд [67] следующим образом суммировал ее свойства:

- ❖ 1. ШМ представляет собой редко наблюдаемый и длительно существующий электрический разряд, имеющий сферическую (реже грушевидную) форму, относительно более частый во время зимних гроз и появляющийся преимущественно в конце грозы. Действие его более слабое, чем действие линейной молнии.
- ❖ 2. ШМ обычно появляется в виде красного светящегося шара или полого шара с нечеткими границами диаметром 10—20 см, окруженного синеватой оболочкой. Она может быть также ослепительно белой и иметь четкие очертания.
- ❖ 3. Иногда ШМ издает шипение, жужжание или прерывистый звук.
- ❖ 4. После ее исчезновения часто остается резко пахнущая дымка, которая кажется бурой в проходящем свете, голубой в отраженном свете и белой во влажном воздухе.
- ❖ 5. Время жизни ее колеблется от ничтожных долей секунды до нескольких минут; чаще всего оно составляет 3—5 с.
- ❖ 6. ШМ может появиться из нижней части облака, свободно парить в воздухе или быть связанной с каким-нибудь предметом. Часто ей непосредственно предшествует обычная молния, и шар возникает в месте поражения или на небольшом расстоянии от него. Во многих случаях такой разряд-предшественник может отсутствовать.
- ❖ 7. ШМ или исчезает бесшумно, или с негромким треском, или с оглушительным взрывом, при котором из нее во все стороны вырывается множество коротких выбросов. Иногда ее исчезновение сопровождается ударом линейного разряда в шар.
- ❖ 8. Скорость ШМ, которая появляется из нижней части облаков и падает на землю, бывает значительной (превращение в линейную молнию). Вблизи поверхности земли и в закрытых помещениях она движется со скоростью примерно 2 м/с, а иногда может сохранять полную неподвижность. Особенно часто это бывает с прикрепленными ШМ, которые исчезают как бы кипя и выбрасывая искры (переход в огни св. Эльма). Иногда характер ее движения определяется ветром, но чаще всего на путь ШМ ветер не влияет.
- ❖ 9. Иногда вблизи места, пораженного линейным разрядом, появляется несколько светящихся шаров. Один большой шар может разорваться и выбросить несколько мелких шаров. В редчайших случаях возникают два огненных шара один над другим, соединенных цепью маленьких светящихся бусин, или же вместе с одиночным светящимся шаром появляется короткая цепь «четок» (переход в истинную четочную молнию).
- ❖ 10. Свободно парящие и прикрепленные ШМ, по-видимому, ведут себя совершенно различно, но могут переходить одна в другую.

Парящий тип напоминает разряды слабого тока очень высокого напряжения, сравнимые с разрядами от трансформатора Тесла. Для прикрепленной шаровой молнии, вероятно, характерно более низкое напряжение, но более сильный ток.

- ❖ 11. Парящие шары имеют красный цвет. Они избегают хороших проводников и обычно движутся по воздуху. Закрытые пространства их как будто притягивают, и они проникают туда через открытые окна, двери и даже через маленькие щели. Особенно предпочтительными оказываются различные дымоходы (возможно, присутствие дыма обеспечивает лучшую проводимость); поэтому эти шары часто появляются на кухне из плиты. Облетев помещение несколько раз, ШМ может его покинуть, часто прежним путем, а иногда новым. ШМ безопасна, даже когда она оказывается в середине группы людей, ибо она держится на некотором расстоянии от человеческого тела, являющегося хорошим проводником. Иногда молния 2–3 раза поднимается и опускается на несколько сантиметров или даже метров, что в комбинации с горизонтальным перемещением создает впечатление прыжков. Часто она вертикально спускается из тучи почти до самой земли, а затем снова поднимается вверх.
- ❖ 12. Прикрепленные ШМ бывают ослепительно яркими, либо белыми, либо голубыми. Они задерживаются на хороших проводниках и особенно на высоких заостренных предметах или же катятся вдоль таких проводников (например, по водосточным трубам). Они нагревают предметы, с которыми соприкасаются, в том числе человеческое тело. В последнем случае такой контакт может вызвать тяжелые ожоги; иногда они проходят под одежду, часто принося смерть.
- ❖ 13. Переход парящей ШМ в прикрепленную происходит после короткой паузы, когда шар внезапно устремляется к находящемуся поблизости проводнику (в частности, к воде). При соприкосновении с водой он может исчезнуть бесшумно или со взрывом либо продолжать существовать в виде неподвижной шаровой молнии. ШМ, падающие из туч, как правило, продолжают свое движение, пока не ударятся о землю, после чего взрываются.
- ❖ 14. Превращение прикрепленного шара в свободно парящий происходит чрезвычайно просто — он взмывает вверх, после чего обычно по наклонной траектории поднимается к облакам. Однако такой шар, как правило, исчезает почти сразу после начала движения.

Так Бранд суммировал чрезвычайно разнообразные формы поведения шаровой молнии, о которых сообщали очевидцы, и составил одну из наиболее полных и авторитетных сводок замеченных особенностей этого явления.

В английской газете «Дейли мейл» 3 октября 1936 г. профессор Гудлет сообщил об «эксперименте» по измерению энергии ШМ, который поставила сама молния. Статья называлась «Опыт с бочонком». «Опыт» состоялся в присутствии жителя Дорстона, графство Херефордшир. Наблюдатель «заслуживает доверия и был совершенно трезв». ШМ, «сойдя с неба», направилась к дому, в палисаднике которого стоял наблюдатель, по пути пережгла телеграфные провода и проникла в дом через окно, опалив оконную раму. Хозяин, борясь между желанием спасти дом от пожара и страхом, вошел в дом. Огненного шара нигде не было видно... Вдруг он заметил, что вода в бочонке, стоявшем в кухне, кипит. «Что за чертовщина?!» Он точно знал, что в бочонке была холодная, недавно налитая вода. Держась на приличном расстоянии, он стал ждать, однако ничего «интересного» более не произошло. Вода вскоре перестала кипеть, но и 20 минут спустя в нее нельзя было погрузить руку [44].

Дмитриев – химик, занимавшийся изучением плазмы, – сообщил в 1967 г. о своих наблюдениях, содержащих уникальные подробности [67]. Огненный шар возник после мощного разряда обычной молнии и пролетел над наблюдателем, находившимся в палатке на берегу р. Онеги. Итак, к 14 пунктам свойств шаровой молнии, даваемым Брандтом, мы можем добавить данные по оценке ее энергии.

✚ 15. «Опыт с бочонком» дает возможность подсчитать внутреннюю энергию ШМ. В бочонке было 4 галлона (около 16 литров) воды, откуда энергия, содержащаяся в шаровой молнии «размером в большой апельсин» (10–15 см диаметром), составляет от $(4-10) \cdot 10^6$ джоулей, или от 1 до 3,5 киловатт-часа. Плотность энергии равна $W = 7,6 - 11,5$ кдж/см³.

✚ 16. Американский ученый Дональд Ритчи [44] оценивает энергию, освобождающуюся при взрыве ШМ от 20 см до 10 м диаметром, в эквиваленте тола от 0,5 до 20 кг, т.е. $(2,1 \cdot 10^6 - 8,4 \cdot 10^7)$ дж. Плотность энергии равна $W = 0,5 - 20$ кдж/см³.

✚ 17. Профессор В.М. Торнтон вычислил энергию огненного шара, равную приблизительно в $10,1 \cdot 10^6$ дж (2,8 киловатт-часа) [44].

Большой интерес представляют результаты, полученные Дмитриевым.

✚ 18. Температура в центре молнии 13 000 – 16 000°C.

✚ 19. Излучение, которое вызвало в воздухе оставшийся после шара запах озона и окислов азота, составило от 1000 до 30 000 Р.

✚ 20. В транзисторном приемнике в палатке сначала резко усилились помехи которые вскоре превратились в непрерывный рокот, становившийся все громче.

✚ 21. Счетчик гамма-лучей показал уровень радиации 1,2 мР/ч, превышающий на два порядка фоновый уровень радиации.

✚ 22. Известны случаи наблюдения, когда нить лампы накаливания светилась вблизи шаровой молнии [67].

Пункты 20 и 22 указывают на движение электронов внутри ШМ с большими ускорениями, что вызывает мощное электромагнитное

излучение, а пункт 21 говорит о том что возникает либо γ -излучение, либо β -излучение с энергией порядка нескольких мегаэлектронвольт. Значит и сами электроны внутри шаровой молнии имеют энергию в несколько мегаэлектронвольт. Это подсказывает нам возможный механизм возникновения и существования ШМ, а именно – электромагнитная индукция, создающая вихревое электрическое поле как в бетатроне. Кстати, любопытный факт: идея создания бетатрона появилась у норвежского инженера Видероз в 1927 году, через 4 года после публикации книги Бранда. Мы предполагаем, что подробное освещение Брандом проблемы шаровой молнии подтолкнуло мысль Видероз на метод решения проблемы создания электронного ускорителя. В этом просматривается своеобразная мистическая связь между проблемой шаровой молнии и проблемой создания электронных ускорителей.

Характерные особенности процесса возникновения ШМ. Многие появления ШМ тесно связаны с грозовыми явлениями; однако в образовании ШМ не наблюдается того единообразия, которого следовало бы ожидать при наличии подобной связи. Согласно сообщениям, некоторые ШМ падали прямо из туч, другие возникали сразу же после разряда обычной молнии, а третьи – спустя несколько мгновений после нее. Отдельные же ШМ, по-видимому, вообще не были связаны с другими явлениями при грозах. Многие авторы отмечают, что ШМ возникают в местах резких изгибов линейной молнии. При этом отмечается, что в местах изгибов наблюдается более интенсивное свечение, длящееся в 10–100 раз дольше, чем в остальных местах линейной молнии. Ряд авторов наблюдал возникновение шаровой молнии на конце линейной молнии [67]. Имеются наблюдения возникновения ШМ как в местах сближения отдельных участков линейной молнии, так и в местах их пересечений.

Электродинамическая модель ШМ. Мы предлагаем в качестве модели шаровой молнии вихревое электрическое поле, возникающее за счет электромагнитной индукции, вызванной волной нарастания тока линейной молнии. Образно говоря, можно шаровую молнию назвать «природным бетатроном». Рассмотрим подробнее этот механизм. При разряде линейной молнии амплитуда силы тока достигает $I = [(1-2) - (200 - 230)]$ кА, при этом крутизна нарастания тока $\partial I/\partial t = (10 - 20)$ кА/мксек, а время нарастания тока от $t = [(1-2) - (5-10)]$ мксек. Допустим, что линейная молния образует в пространстве круглую петлю диаметром D , тогда напряженность магнитного тока петли будет равна: $H=I/D$. Магнитный поток $\Phi=B*S=(\mu_0 I/D)*(\pi D^2/4)=\mu_0 I \pi D/4$,

ЭДС электромагнитной индукции: $\varepsilon = -\partial\Phi/\partial t = -(\mu_0 \pi D/4) \partial I/\partial t$,

напряженность электрического поля: $E = \varepsilon/(\pi D) = -(\mu_0/4) \partial I/\partial t$,

Импульс электрона: $P=mat = m(eE/m)t = eEt = et(\mu_0/4) \partial I/\partial t \dots$

$T=(0.87-29.31) \cdot 10^{-13}$ дж - Это энергия одного электрона.

Температура в канале молнии была оценена в пределах 24000–28000 °К, а концентрация электронов $n=10^{23}-10^{24} \text{ м}^{-3} \dots$

При диаметре ШМ 10 см, количество электронов: $N=n\pi D^3/6=0.523 \cdot 10^{20}$.

Тогда полная энергия электронов: $T_{\Sigma} = T \cdot N = 4.55 \cdot 10^6 - 15.33 \cdot 10^6$ дж...
 Плотность энергии в электронной ШМ $W = 8.7-29.3$ кдж/см³...
 Плотность энергии при взрыве тротила $W = 6.76$ кдж/см³...
 Плотность энергии в модели ШМ Габышева $W = 0.211$ кдж/см³...
 Плотность энергии ионизированного воздуха $W = 0.077$ кдж/см³...

Мы видим неплохое совпадение расчетных и опытных данных. Это говорит в пользу предлагаемой модели шаровой молнии, учитывая, что ни одна из других предложенных моделей даже не приближается по своей энергетике к опытным данным, давая величину энергии шаровой молнии на несколько порядков ниже наблюдаемых на опыте величин... Следует отметить, что значения величин произведения $(\partial I/\partial t)t$ как для волны нарастания, так и для волны спада разряда линейной молнии приблизительно равны. (Вспомним эффект возникновения экстратока размыкания электрических цепей). Поэтому энергия шаровой молнии, возникающей на конце линейной молнии, будет того же порядка, как и энергия шаровой молнии, возникающей на волне нарастания разряда линейной молнии. Следует отметить, что вихревое электрическое поле обладает удивительным свойством вовлекать в зону своего действия находящиеся поблизости заряды, создавая из них кольцевой разряд, самосжимающийся за счет собственного магнитного поля. Процесс ускорения электронов вихревым полем обладает положительной обратной связью, приводящей к тому, что вихревое электрическое поле ведет себя как живой организм, поглощающей электроны и, благодаря этому наращивающий свою мощь. Действительно, каждый электрон, вовлеченный во вращательное движение, увеличивает силу тока, а тем самым увеличивает напряженность вихревого электрического поля, увеличивая свою скорость движения, ведущую к увеличению силы тока и так далее. Рост энергии электрона ведет к стремительному нарастанию, количества ионизированных молекул, что ведет к росту концентрации электронов и росту тока.

Возможный механизм возникновения ШМ при отсутствии грозы. Известно, что наблюдаются горизонтальные разряды молний также между облаками. Длина горизонтальных молний достигает 50 км. Такой разряд возбуждает в сферическом резонаторе между поверхностью Земли и ионосферой стоячую вертикальную волну. Пучность электрического поля находится между поверхностью Земли и ионосферой, а пучность магнитного поля вблизи поверхности Земли. Представим, что где-то далеко от данного места произошел горизонтальный разряд, возбуждивший резонатор. Возникла вертикальная стоячая волна, занимающая огромный объем резонатора. В пучности магнитного поля при достаточной интенсивности будет создаваться вихревое электрическое поле особенно там, где имеются залежи железных руд, т.е. повышенная магнитная проницаемость среды. Вихревое электрическое поле создает кольцевой разряд, приводящий к возникновению шаровой молнии.

15. Черкашин Ю. – модель ШМ (2011г.)

Представление о форме шаровой молнии как о шаре сформировалось на основе сообщений встревоженных очевидцев, встречавшихся с шаровой молнией. Такое же общее представление, вероятно, осталось бы, если бы наблюдались яркие образования в виде тороида (бублика), особенно если его ось ещё и прецессировала. В статье мы намерены рассмотреть возможность существования кольцевого образования («кольцевой молнии») по внешнему виду напоминающего шаровую молнию.

Сначала напомним несколько аналогичных явлений. Например, в металлическом кольце диаметром 10 см из медного провода диаметром 5 мм с индуктивностью $L = \mu_0 R \cdot \ln(8R/r - 7/4) = 0,2 \text{ мкГн}$ и активным сопротивлением $R_{\text{акт}} = 1,1 \text{ мкОм}$ индуцированный ток после снятия возбуждающей силы *продолжает циркулировать ещё доли секунды, спадая по экспоненциальному закону с постоянной времени* $\tau = L / R_{\text{акт}} = 0,2 \text{ с}$. Ток поддерживается за счёт энергии, созданного им же магнитного поля. Если проводник сделать сверхпроводящим, то ток и энергия будут существовать долго. Виток можно перенести в любую точку пространства, вместе с ним будет перенесено его магнитное поле. Энергия магнитного поля будет теперь находиться в новых точках пространства. Подобным образом переносится энергия электрического поля вместе с электрическими зарядами (например, заряженный конденсатор) или механическая энергия вращающегося волчка при переносе его (вместе с подставкой без остановки волчка) в новую область пространства.

Другой пример - электронные кольца ускорителя типа «смокотрон». Условное название ускорителя, в котором ускоряются как единое целое не группы частиц, а предварительно *сформированные вращающиеся кольца электронов*. По-видимому, могут быть устойчивыми плазменные кольца вольтовой дуги (например, в ТОКАМАКе).

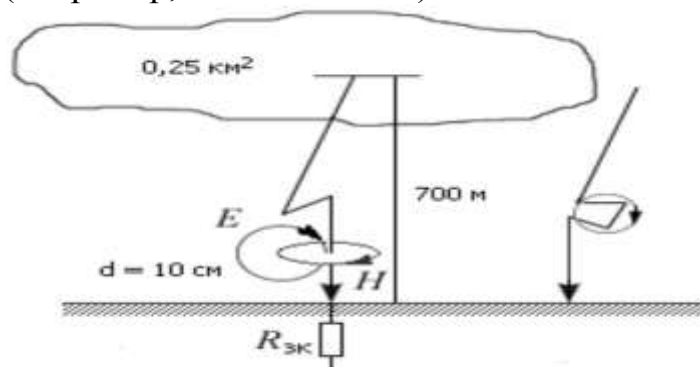


Рисунок 15. Пути оценки возможности образования плазменных колец

Будем предполагать, что источником энергии образования кольцевых молний является линейная молния. Представим, облако площадью $S = (0,5 \cdot 0,5 \text{ км}) = 0,25 \text{ км}^2$, находящееся на высоте $h = 700 \text{ м}$, оно имеет электрическую ёмкость относительно земли $C = \epsilon_0 S / h = (4...5) \cdot 10^3 \text{ пФ}$. Индуктивность шнура тока при $0,5 \text{ мкГн/м}$ составит около 350 мкГн , волновое сопротивление контура $CLR_{\text{зк}}$ $\rho = \sqrt{L / C} = 280 \text{ Ом}$. Сопротивление заземления $R_{\text{зк}}$ в одной точке земли составит примерно

100 Ом [91, стр. 599]. Т.е. процесс разряда имеет слабо колебательный характер (одно – два колебания с периодом $T = 8$ мкс). По справочным данным [91, стр. 609], ток молнии составляет 50...200 кА и скорость его изменения равна 50 кА/с. При токе 100 кА потенциал облака должен составлять $100\text{ кА} \cdot 280\text{ Ом} \approx 30\text{ МВ}$. Оценим попутно энергию разряда линейной молнии: $W = CU^2/2 = 2\text{ МДж}$. Примерно такая энергия высвобождается при взрыве 500 г тринитротолуола. Такого количества энергии достаточно чтобы вскипятить около 6 литров воды.

...Напряжённость электрического поля вблизи от оси тока составит 59 кВ/м. Вычисление циркуляции вектора напряжённости электрического поля вдоль контура 10 см даёт несколько большее значение за счёт учёта зон с сильным полем вблизи оси тока – 5,3 кВ (вместо 3,8 кВ). Учитывая, что электрическая прочность сухого воздуха составляет около 500 кВ/м [91, стр. 143], то для устойчивого кольцевого разряда напряжённость поля должна быть в 40...10 раз больше. Если шнур молнии делает извилину, то связь с воображаемым контуром становится сильнее $M = 0,07\text{ мкГ}$. Значение ЭДС взаимной индукции составит $u = M(dI/dt) = 6,7\text{ кВ}$. В три раза большее значение будет иметь ЭДС самоиндукции контура – $u = 20\text{ кВ}$ ($L = 0,2\text{ мкГн}$). При спаде тока может возникнуть пробой, который замыкает контур тока. Во всех вариантах напряжение в контуре, недостаточно для пробоя сухого воздуха. Если в расчётах взять не среднее значение тока (100 кА), а максимальное – 200 кА, учесть влияние влажности воздуха, а также подсветку ультрафиолетовым светом линейной молнии, то возможность возникновения кольцевого разряда становится реальной. Вероятно, необходимостью этих дополнительных условий объясняются редкое появление «шаровых молний».

Процесс возникновения дугового разряда повторяет процесс возникновения искры между контактами любого выключателя-разъединителя. Отличие заключается в том, что прерываемый ток существует не между контактами аппарата, а в свободном пространстве. После возникновения разряда образуется замкнутый сам на себя шнур «вольтовой дуги». При этом отсутствуют как катодная, так и анодная части шнура дугового разряда – части большого падения напряжения (большого сопротивления), области рассеивания большой мощности. Остаётся, лишь, средняя «холодная часть» шнура вольтовой дуги с малыми потерями мощности. При токе разряда 100...200 кА активное сопротивление шнура может быть в несколько раз меньше сопротивления медного проводника и тогда время существования кольцевого образования будет долгим. Ток постепенно будет спадать и при токе в несколько десятков ампер (минимальный ток существования дугового разряда) кольцевая молния исчезнет. Начальная энергия кольца с током 100 кА составляет $W = LI^2/2 = 1000\text{ Дж}$, то есть будет равна энергии конденсатора ёмкостью 2 мкФ, заряженного до напряжения 30 кВ или энергии пуля стрелкового оружия (или 0,25 г тринитротолуола).

Раздел 2. Формирование новой модели ШМ

1. Свойства шаровых молний

Шаровая молния (википедия) — редкое природное явление, выглядящее как светящееся и плавающее в воздухе образование. Единой физической теории возникновения и протекания этого явления к настоящему времени не представлено. Существует множество гипотез, объясняющих явление, но ни одна из них не получила абсолютного признания. В лабораториях похожие, но кратковременные явления удалось получить несколькими разными способами, так что вопрос о природе ШМ остаётся открытым. К началу XXI века, не было создано ни одной установки, на которой это природное явление искусственно воспроизводилось бы в соответствии с описаниями очевидцев наблюдения ШМ. Широко распространено мнение, что ШМ — это явление электрического происхождения, естественной природы, то есть представляет собой особого вида молнию, существующую продолжительное время и имеющую форму шара, способного перемещаться по непредсказуемой, иногда удивительной для очевидцев траектории.

Многочисленные наблюдения за поведением шаровых молний (ШМ) позволили определить их основные физические свойства:

-  Феноменальность появления ШМ. Может возникать неожиданно в самых разнообразных условиях. Может выскакивать из обычной штепсельной розетки, из магнитного пускателя токарного станка, даже из гвоздя в стене. Чаще всего она выходит из проводников или порождается обычными молниями, иногда спускается из облаков, с нижней части ствола торнадо, в редких случаях неожиданно появляется в воздухе или, как сообщают очевидцы, может выйти из какого-либо предмета (дерево, столб). Часть очевидцев видели выход ШМ из земли в месте удара обычной молнии. Появление ШМ наблюдали при переключении батареи аккумуляторов.
-  Разнообразие форм ШМ. Чаще всего шаровая или эллипсоидальная форма, иногда расплывчатая, по форме прилегающего предмета. Может пульсировать, принимая то шаровую, то эллипсоидальную форму. Встречаются и другие формы - гриб, груша, капля, тор, линза или просто бесформенные туманообразные сгустки. Особо удачливым наблюдателям являлась молния в виде конуса, кольца, цилиндра и даже в виде медузы. Кто-то видел за молнией хвост.
-  Разнообразие размеров. Типичны ШМ от 10 до 20 см в диаметре, реже встречаются размеры от 1 до 10 см и от 20 см до 2м, в торнадо возникают самые большие ШМ - до 27 м в диаметре.
-  Изменчивость размеров. Некоторое время размеры ШМ неизменны, затем ШМ либо постепенно уменьшается, либо постепенно увеличивается в размерах.

- ✚ Световое излучение. ШМ испускает яркое свечение мощностью 100-200 Ватт, видимое даже в дневное время. Сердцевина от красного цвета до ярко белого ослепляет глаза, её окружает ореол контрастной синей области с туманным контуром. Фотометрование следа молнии, оставшегося на фотопленке, показало, что излучение выходит не только с её поверхности, а и из всего объема.
- ✚ Вращение поверхности и внутренностей ШМ. В момент появления ШМ выглядит как вращающийся яркий, похожий на солнце шар. Есть свидетельство, что ось вращения параллельна поверхности земли и перпендикулярна линии шар - место удара молнии.
- ✚ Многие наблюдатели видели, что ШМ выбрасывает искры.
- ✚ Наличие электродвижущей силы. ШМ способна заставить светиться выключенную электролампу и ЭЛТ телевизора.
- ✚ Непредсказуемость движения. ШМ движется как автономное тело, не связанное какими-либо токонесущими или волноводными каналами. Чаще всего она плывёт со скоростью от 2 до 10 м/с, иногда останавливается, может двигаться даже против ветра.
- ✚ Способность к деформации формы. ШМ способна деформироваться и проникать через малые отверстия типа замочных скважин или щели в дверном проёме, может скакать по поверхности, как мяч.
- ✚ Большое разнообразие цвета ШМ, изменчивость цвета. Бывают оранжевого, красного, желтого, белого, голубоватого, зеленого, серого и даже чёрного цвета.
- ✚ Холодная поверхность, то есть ШМ не излучает тепло.
- ✚ Разное время жизни ШМ - от долей секунды до 10 минут.
- ✚ ШМ способна издавать звуки – трещит, жужжит или пищит.
- ✚ От ШМ исходит сильное электромагнитное излучение в необычайно широком диапазоне длин волн от долей микрометра до метров, которое выводит из строя приборы, где есть катушки и трансформаторы (телефоны, телевизоры, радио).
- ✚ ШМ обладает электрическим и магнитным полем.
- ✚ ШМ обладает высокой внутренней энергией.
- ✚ ШМ способна двигаться вдоль поверхности металлических предметов, наблюдалось перемещение даже по крылу самолёта.
- ✚ ШМ плавит мелкие металлические предметы, однажды сплавил в слиток монеты, лежавшие в кошельке, не повредив бумажных денег.
- ✚ ШМ может самопроизвольно исчезать, бесшумно и бесследно. Чаще оставляет остропахнущую дымку, которая кажется коричневой при проходящем свете, синей – при отражённом свете. Перед исчезновением иногда появляются тонкие полоски, нити.

- ✚ ШМ может разряжаться через металлические проводники (телефонные линии, электропроводка, металлические трубы, батареи центрального отопления и т.п.). Однажды ШМ вышла из одного отверстия электрической розетки и вошла в другое отверстие.
- ✚ Металлические предметы (ферромагнетики) намагничивает.
- ✚ ШМ способна взрываться самопроизвольно или при прикосновении к предметам, иногда после взрыва ШМ не исчезает.
- ✚ Способность к делению. Делится или самопроизвольно, или при резком внешнем воздействии.
- ✚ Способность к объединению. Несколько ШМ могут слиться в одну.
- ✚ При взрыве ШМ слышен звук, иногда сравнимый с пушечным выстрелом.
- ✚ При взрывах ШМ отмечаются разрушения легких предметов (например, легкого дачного домика, трансформаторной будки), вырывается асфальт в радиусе 1-1,5 метра, разбрасываются камни, бьется стекло, разбиваются изоляторы проводов, расщепляются бревна на причале и т.д. Повреждаются и выгорают большей частью металлические детали предметов, диэлектрические же части остаются целыми. Некоторые наблюдатели говорят о том, что их обдало волной; молния, попавшая в костер туристов, разметала его в стороны; молния, взорвавшаяся над землей, вымела весь сор из круга диаметром 2 м.
- ✚ ШМ может испускать светящиеся кольца от экватора.
- ✚ Вблизи ШМ могут испаряться металлические кольца и браслеты.
- ✚ Были случаи, когда после исчезновения ШМ некоторое (порой значительное) время продолжается блокирование работы приборов и даже перебои в работе мощных электрогенераторов. Это создает впечатление, что явление шаровой молнии не ограничивается светящимся шаром, а включает в себя нечто более долгоживущее, но не видимое глазом.

2. Проблемы на пути постоения модели ШМ

Носков [55]: «В 1975...1977 гг. Стаханов буквально предпринял штурм по попытке вскрыть природу ШМ. Через журнал «Наука и жизнь» он обратился к населению бывшего СССР с просьбой к очевидцам прислать описания явления ШМ. Пришло более тысячи писем. Стаханов провел обработку полученных сведений. Результаты можно выразить его же словами: “материалы опроса населения еще раз подтвердили, что реальность ШМ не вызывает сомнений, как и то, что вопрос о ее происхождении продолжает оставаться открытым”. И следует добавить: “...и пока какая-либо из высказанных гипотез не будет реализована в эксперименте”. Анализ описаний очевидцев показал, что ШМ:

- плазменное образование, имеющее температуру в широких пределах 500...1500°C (судя по следам оплавления металлических вещей, нагреванию воды в сосудах, ожогам деревьев во время разрушения ШМ). Вместе с тем излучение тепла и лучистой энергии до ее разрушения настолько мало, что она не оставляет никаких следов даже при пролете почти вплотную;
- шаровидное светящееся образование с четкой границей, отделяющей ее от окружающей среды. Движение ШМ не приводит к размыванию этой границы в воздухе (как при горении, например). Оболочка ШМ устойчива и упруга в условиях сильной деформации (при проникновении через щели и отверстия), причем шаровидная форма образования немедленно полностью восстанавливается;
- имеет большой разброс величин энергий (разрушены, например, кирпичная дымовая труба, угол кирпичного дома; образовано углубление в асфальте; нагрета вода в ведре и т.д.);
- способна иметь большой величины электрический заряд, какой не может нести обычное тело такого же объема и массы. (Его силы достаточно, чтобы убить человека, животное, расплавить провода в радиоприемнике или в телефоне, как при коротком замыкании большого тока).
- имеет аномально большое время жизни, колеблющееся от 1 сек до 2 мин. У обычной плазмы оно составляет примерно 10^{-3} сек, а рекомбинация ионов длится всего 10^{-10} сек (!)
- движется таким образом, что можно сделать заключение: направление ее движения зависит не только от направления ветра, но в большей степени – от напряженности магнитного поля, поскольку она либо выталкивается в область с пониженной напряженностью (закрытое помещение), либо движется по эквипотенциальным линиям магнитного поля (огибает строения, ландшафт на определенном расстоянии). При этом вертикальное электрическое поле на ее движение никак не влияет;
- является продуктом линейной молнии (далее ЛМ), либо другого электрического разряда».

Гладков[27]: «Тот бесспорный факт, что это необычное, но довольно часто наблюдаемое природное явление появляется во время очень сильных гроз с проливным дождем или же в условиях, которые обычно предшествуют сильной грозе, даже если она по каким-либо причинам не разряжается, дало повод называть его молнией, хотя все поведение этой “молнии” не совпадает ни по единому свойству с поведением нормальной и достаточно хорошо изученной линейной молнии. Действительно, разряд электрической энергии между двумя заряженными телами, находящимися под большими электрическими потенциалами, независимо от того, в какой среде он происходит, протекает в основном одинаково: длительность его не превышает тысячных или сотых долей секунды. Никто никогда не видел и не описывал какой-либо другой формы разряда (мы не касаемся здесь такой формы тихого разряда, как корона), который протекал бы с замедлением в миллионы раз. Никто не наблюдал, да это и немыслимо, чтобы электрический разряд, медленно плывя вдоль проводника, неоднократно отходил бы от него в сторону, вместо того чтобы юркнуть в него. Ученых давно интересовала и энергетическая сторона разряда молнии. В лабораторных условиях, чтобы получить разряд большой мощности, электрическую энергию накапливают при напряжении в несколько миллионов вольт на сферах диаметром в несколько метров. Каким же должно быть устройство чудесного конденсатора, способного вместить и длительное время удерживать без пробоя и без разряда огромное количество электрической энергии — видимо, порядка сотен и тысяч киловатт-часов! Если вызвавшая образование шаровой молнии сила имела потенциал в несколько сотен миллионов, а может быть, и миллиардов вольт, то что это за чудесный газообразный диэлектрик толщиной в 10—20 см, выдерживающий столь огромное напряжение без пробоя, без внутреннего самозамыкания, в то время как гирлянда изоляторов линии передачи Куйбышевская ГЭС — Москва, без особых запасов выдерживающая переменное рабочее напряжение в 400 тыс. вольт, должна быть длиной в несколько метров? Почему огромное электрическое напряжение, образовавшее это причудливое явление, не способно ускорить его движение до космических скоростей, в то время как ничтожно малые потенциалы, всегда существующие на окружающих нас телах, и даже простые сквознячки способны оказывать на шар свое влияние и заставляют его легко изменять свой путь? Откуда такой неожиданный иммунитет против электрических сил? Количество таких недоуменных «почему», «отчего», «каким образом» можно было бы продолжить бесконечно. Все это вместе взятое уже давно заставило подавляющее большинство ученых усомниться в том, что шаровая молния является молнией вообще. И в этой связи за последние несколько десятков лет было высказано очень много всевозможных теорий природы этого интереснейшего явления. Все они сходятся лишь в одном: то, что именуется шаровой молнией, рождается в результате электрического разряда огромной силы».

Григорьев [29]: «Объем феноменологических сведений о ШМ, накопленных в результате многочисленных усилий ученых, весьма велик, но, как ни странно, заметных успехов в объяснении природы ШМ пока нет».

Трудность построения физической модели ШМ вызвана целым комплексом её парадоксальных свойств. Перечень нескольких основных парадоксов сформулировал Натяганов [53]:

- ❖ Обычно ШМ светит, но не греет;
- ❖ Вещество ШМ имеет плотность воздуха, но обладает поверхностным натяжением, характерным для жидкостей;
- ❖ Непредсказуемость движения ШМ (вертикально или горизонтально даже против сильного ветра) и квазинеподвижное зависание;
- ❖ ШМ имеет электрический заряд, но какова его величина и структура (объёмный или поверхностный тип простого или двойного слоя) до сих пор не ясно;
- ❖ ШМ обладает запасом собственной энергии, однако её величина и природа, механизмы накопления и преобразования в другие формы, а также наличие возможных каналов связи с окружающей средой до сих пор остаются загадкой;
- ❖ ШМ испускает узконаправленные лучи, как у фонарика;
- ❖ ШМ испускает электромагнитные волны в радиодиапазоне;
- ❖ Бывает “борода” не только позади, но и впереди движущейся ШМ;
- ❖ ШМ способна проникать в закрытые помещения сквозь малые отверстия и щели, что сопровождается большими деформациями ШМ с последующим восстановлением сферической формы;
- ❖ ШМ может возникать “из ничего” (постепенное увеличение свечения ограниченного объёма воздуха сферической формы).

Больше всего поражает факт выделения рекордного на единицу веса выброса энергии при взрыве ШМ. Прежде, чем приступить к построению модели ШМ, нужно решить очень важную проблему поиска источника такой необычайно высокой запасённой энергии ШМ. Хорошую попытку решения проблемы предложил Салль [63]: «...попробуем ответить на вопрос об источнике её энергии. Решение проблемы энергетики ШМ в рамках традиционных химических и плазменных моделей, как мы выяснили, исключено. ...Можно ли получить полезную работу только за счёт охлаждения одного источника? На первый взгляд, на такой процесс наложен запрет вторым началом термодинамики. Но далеко не все тепловые процессы являются термодинамическими. ...Наиболее явно несоответствие требованиям второго начала обнаруживается в ретроградных процессах конденсации и испарения бинарных систем, что позволяет на практике организовать цикл изотермического преобразования тепла в работу. ...Выход за рамки термодинамики прослеживается в самых разнообразных процессах: испарении жидкости из капилляра, протекании тока в цепи из разнородных проводников, фильтрации, диффузии, движении жидкости и газа и др. В сложных природных

системах протекание гипертермодинамических процессов является скорее правилом, чем исключением. Но выделить их на фоне других термодинамических и гипердинамических процессов нелегко. Лишь в некоторых экстремальных природных явлениях гипертермодинамический характер преобразования тепла в работу обнаруживается явно. Ярким примером тому служит смерч, энергетика которого определяется вихревым эффектом в газе. С помощью вихревого эффекта смерч концентрирует рассеянную в окружающей среде тепловую энергию и преобразует её в направленное движение воздушных масс. Таким образом, на поставленный в начале главы вопрос современной физикой уже получен положительный ответ. Суть нашей гипотезы о тепловом источнике энергии ШМ состоит в следующем. ШМ, как гипердинамическая система, способна в спокойном состоянии преобразовать внутреннюю тепловую энергию в излучение оптического и радио диапазонов».

Другими словами, предлагается механизм непосредственного преобразования механической энергии в свет при низких температурах. В этом направлении мы и будем двигаться. Очень важно не пытаться второй раз изобретать “велосипед”. Наверняка кто-то где-то его уже изобрёл, но так и не осознал, как его использовать. Нужно найти этих изобретателей, показать общественности, и подробно объяснить, как пользоваться “велосипедом”. Известно более 200 различных моделей ШМ, которые создавались математиками, физиками, химиками, астрофизиками, инженерами и другими специалистами. Мозговой штурм, который в 1975-1977 годах в журнале “Наука и жизнь” организовал Стаханов, закончен. Каждый желающий сказал то, что хотел. Настало время подвести некий итог и посмотреть на данную проблему со стороны независимого аналитика и систематика. Основная роль аналитика – не придумывать самому, а выбирать из уже предложенных решений. Нужно выбрать из двух сотен моделей несколько наиболее достойных и на их базе синтезировать новую модель, включающую в себя все лучшие решения исходных базовых моделей, не противоречащие законам физики. Упростить процесс отбора наиболее перспективных моделей ШМ поможет совокупность критериев, выработанных сообществом их авторов.

3. Критерии отбора перспективных моделей ШМ

Первый критерий: источник энергии ШМ – не магнитное поле. Этот критерий выбраковки моделей ШМ сформулировал Шафранов [85]. Он математически показал, что энергией магнитного поля нельзя объяснить высокую удельную энергию ШМ - предельная энергия магнитного поля в заданном объёме оказывается во много раз меньше. С помощью данного критерия мы выбраковываем модели ШМ, над которыми работали Хазен [79], Алеманов [3], Попов [59] и другие сторонники ШМ в виде магнитного резонатора или запасённого магнитного поля.

Второй критерий: источник энергии внутри ШМ. К настоящему времени среди абсолютного большинства исследователей ШМ сложился некий консенсус, негласное соглашение о местонахождении источника энергии ШМ – из анализа движения ШМ однозначно следует, что источник её энергии находится внутри. Стаханов [71]: «Ахиллесовой пятой всех теорий, предполагающих внешние источники энергии, является перемещение шаровой молнии - молния движется как автономное тело, не связанное какими-либо токонесущими или волноводными каналами».

С помощью данного критерия мы выбраковываем модели ШМ, над которыми работали Тонкс, Сильберг, Андерсен, Теплер, Черилло, Финкельштейн, Рубинштейн, Лодж, Юман, Плантэ, Гезехус, Хэндел, Зусмановский, Капица [39], Арабаджи [5], Сошников [70] и другие сторонники внешнего источника энергетической подпитки ШМ.

Третий критерий: ШМ имеет упругую оболочку. Ещё одно негласное соглашение у большинства авторов моделей ШМ сложилось по поводу обособленности ШМ от окружающего воздуха. С одной стороны, сферическая в большинстве случаев форма ШМ наводит на мысль, что существуют какие-то силы, равномерно стягивающие ШМ со всех сторон, подобно тому, как силы поверхностного натяжения стягивают в сферу каплю жидкости в невесомости. Стаханов [71]: «Если шаровая молния представляет собой разновидность какого-то газа или смеси газов, то она должна постепенно расплываться в воздухе, что противоречит многочисленным наблюдениям». Френкель [76,77]: «В случае жидкости такое обособление объяснялось бы поверхностным натяжением между нею и окружающей жидкостью (при условии приблизительной одинаковости удельных весов)». С другой стороны, существуют какие-то силы, которые противодействуют изменению формы ШМ. Григорьев [29]: «Согласно нашим данным в 70 случаях ШМ подсакивала при ударе о землю как резиновый мяч, что вроде бы указывает на наличие у ШМ поверхностного натяжения». Носков [55]: «...с четкой границей, отделяющей ее от окружающей среды. Движение ШМ не приводит к размыванию этой границы в воздухе (как при горении, например). Оболочка ШМ устойчива и упруга в условиях сильной деформации (при проникновении через щели и отверстия), причем шаровидная форма немедленно полностью восстанавливается».

Итак, существует чёткая упругая физическая граница, благодаря которой большую часть времени жизни отсутствует процесс перемешивания содержимого ШМ с окружающим воздухом. С помощью данного критерия мы выбраковываем модели ШМ, в которых нет такой границы. По этому критерию Френкель сам отбраковал свою модель 1940 года [76] - для возникновения тонкой плёнки продуктов конденсации активных газов в воздухе нет ни теоретических, ни экспериментальных оснований. С помощью данного критерия мы выбраковываем модели ШМ, над которыми работали Гаррис, Мититель, Рабат, Дунаев, Хасанов, Фалько, Фламарион, Зайцев, Альфтан [4], Биберман и Норман [15], Гринёв [30], Дятлов [35], Ионин [37], Колокольцев [37], Лопатин [37], Маханьков [49], Мельниченко [50], Ратис [60], Сапогин [64], Сафонов [66] и другие сторонники отсутствия физической границы.

Четвёртый критерий: источником энергии ШМ не является классическая высокотемпературная нейтральная плазма. Следующее негласное соглашение среди большинства авторов сложилось по поводу температурных ограничений. Из массовых показаний очевидцев следует однозначный вывод – внутри ШМ нет высокотемпературных физических процессов. Шило [86]: «Поскольку зафиксированы нередкие случаи перекачивания ШМ по телу, в частности, по руке человека, которому не причинялось боли, ожога или какого-нибудь иного вреда, то можно утверждать, что внешняя “плёнка” или поверхность светящегося шара не имеет высоких температур и является холодным образованием». Барри [13]: «В отличие от перечисленных сообщений, свидетельствующих о серьезных разрушениях, в других сообщениях указывалось, что шаровая молния не излучает тепла». Смирнов [69]: «Из совокупности данных следует, что об ощущении тепла сообщает лишь несколько процентов наблюдателей, причем отсутствует резкая зависимость вероятности фиксации ими тепла от расстояния до шаровой молнии, которую следовало бы ожидать для изотропного источника тепла». С помощью данного критерия мы выбраковываем модели ШМ, в которых присутствует высокотемпературная плазма с хаотическим движением ионов и электронов. Здесь мы расстанемся с моделями Новикова, Дмитриева [34], Белого [14], Быкова [18] Резуева [61] и других упрямых сторонников существования высокотемпературной классической плазмы в ШМ.

Пятый критерий: внутри ШМ нет статического заряженного сгустка. Новый критерий отбора является неким аналогом предыдущего критерия – невозможно существование внутри ШМ ни статического заряженного ядра, ни сгустка хаотически движущихся электронов или ионов одного знака. Этот критерий отбора сформулировал Хазен [79]: «Электростатическая неустойчивость распределенных зарядов и рассеяние энергии исключают возможность существования такого сгустка без подвода энергии в течение времени, превышающего 10^{-2} - 10^{-7} сек».

Здесь мы выбраковываем модели Нейгебауера, Тессана, Хилла, Климова, Каблаева, Балакирева, Орлова, Баранова [12], Зеликина [36] и других сторонников нахождения в ШМ макроскопического заряженного сгустка.

Шестой критерий: источником энергии ШМ не является потенциальная энергия молекул. Этот критерий отбора был сформулирован Капицей. Он доказал, что потенциальная энергия молекул газа в любом химическом или активном состоянии меньше той, которую нужно затратить на диссоциацию и ионизацию молекул. Расчётный (и подтверждённый экспериментально при ядерных взрывах) верхний предел времени высвечивания получается много меньше действительно наблюдаемого у шаровых молний. С помощью данного критерия мы выбраковываем модели ШМ, над которыми работали Араго, Тюрнер, Трубридж, Хильдебрандсен, Торнтон, Матиас, Скотт, Бенедикс, Сергиенко, Шарафутдинов, Горянин, Девяткин, Рейнольдс, Диннис, Абрахамсон, Куракин [43], Кузнецов [42], Леонович [45], Чирвинский [83] и другие сторонники моделей, основанных на использовании энергии химических превращений, энергии рекомбинации молекул.

Седьмой критерий: источником энергии ШМ является запасённая кинетическая энергия частиц плазменного вихря. У большинства авторов, модели которых отфильтрованы первыми шестью критериями, сложилось негласное соглашение, что в ядре ШМ некая “грозовая материя” движется упорядоченно по замкнутым траекториям подобно тому, как это происходит в смерче или торнадо, например. Именно в таких процессах могут существовать рекордные запасы энергии, как утверждали Салль, Баббат и др. Веселов [19]: «По сути, шаровая молния представляет собой аналог свободно вращающегося волчка или маховика, периферийные части которого движутся по траекториям равного потенциала без совершения работы. При условии малого трения в подшипниках и низкого давления в камере, маховик может вращаться неделями. При попытке его резкой остановки, энергия выделится в виде импульса мощности на валу. В природе аналогами этого явления являются циклоны и торнадо». Юман [88]: «Во многих сообщениях описываются шаровые молнии, которые, по-видимому, вращались или переворачивались». Барри [13]: «В общем, имеются всего три типичные структуры. Первая выглядит как твердое тело с тусклой или блестящей поверхностью или как твердое ядро с полупрозрачной оболочкой, вторая - как вращающееся тело с кажущимся внутренним движением и напряжениями и третья - как сгусток пламени. Все эти три структуры наблюдались в любой из форм, но с разной частотой». Телетов [73]: «По мнению Карлхейма-Гейленскольда (1903), К.Е.Бруса (1964) и др., ШМ рождается из линейной в виде плазменного вихревого кольца». Леонов [44]: «По иному, особенно в начальном периоде возникновения выглядит шаровая молния в гипотезе Майснера. Вихрь образуется между двумя противоположно направленными разрядами молнии. ...Советский исследователь Белоконов нарисовал ясную схему возникновения шаровой молнии из линейной при ударе в землю.

...Возникшие при ударе волны большой интенсивности, отражаясь от препятствий, могут дать в результате сложных пересечений вихревое плазменное кольцо». Войцеховский [22]: «Показано, что только объем, находящийся в кольце и делающий вихрь видимым, обменивается относительно медленно с окружающей средой, а весь остальной объем шара интенсивно рассеивается вдоль его траектории».

С помощью данного критерия мы выбраковываем модели ШМ, над которыми работали Аверьянов, Мухарев, Михайлов, Миллер-Гильдебранд, Фернандес-Раньяд, Беклямишев, Пономаренко, Асхабов [8], Стаханов [71], Смирнов [69], Калабин [38], Саранин [65], Шавырин [84], Остапенко [56,57] и другие сторонники безвихревых моделей ШМ.

Восьмой критерий: источником энергии ШМ является запасённая кинетическая энергия частиц плазменного вихря с электронным ядром.

Последнее негласное соглашение сложилось у большинства авторов, модели которых прошли через фильтр из предыдущих семи критериев. По их мнению, на основании большого количества электрических свойств ШМ можно сделать однозначный вывод, что вихревое ядро ШМ состоит из электронов. Хмельник [80]: «Лидер линейной молнии, встречая какое-либо препятствие, может изменить траекторию движения с прямолинейной на круговую». Леонов [44]: «Профессор физики Берлинского университета К.Вольф дал иную картину молнии-вихря. Шаровая молния, по этой гипотезе, возникает в виде вихревого электронного кольца, образованного вокруг канала линейной молнии».

Бутусов [17]: «Мы предлагаем в качестве модели шаровой молнии вихревое электрическое поле, возникающее за счет электромагнитной индукции, вызванной волной нарастания тока линейной молнии. Образно говоря, можно шаровую молнию назвать природным бетатроном».

Парфёнов [58]: «На наш взгляд, шаровая молния устроена проще, чем шариковая авторучка. У неё всего две "детали": тороидальная токовая оболочка и кольцевое магнитное поле».

По этому критерию можно отбраковать модели Красного, Мелехова, Брукке, Файса, Мейснера, Ацюковского [9], Бабата [10], Войцеховского [22], Габышева [24], Гладкова [27], Митрофанова [51], Носкова [55], Натяганова [53], Торчигина [74], Федосина [75], Френкеля [76,77], Хмельник [80], Чинарёва [82] и других авторов, не осознавших роль электронов в вихревом ядре ШМ.

4. Перспективные модели шаровой молнии

Ранее автором были сформулированы восемь критериев, с помощью которых можно отбраковывать и фильтровать модели ШМ:

- 1. Источник энергии ШМ – не магнитное поле;
- 2. Источник энергии находится внутри ШМ;
- 3. ШМ имеет упругую оболочку;
- 4. Источник энергии ШМ - не классическая плазма;
- 5. Внутри ШМ нет статического заряженного сгустка;
- 6. Источник энергии ШМ – не потенциальная энергия молекул;
- 7. Источник энергии ШМ - кинетическая энергия вихря;
- 8. Ядром ШМ является электронный вихрь.

Салль [63] сформулировал шесть электрических свойств ШМ:

- 1. ШМ обладает поражающим электрическим действием на людей и животных, как в помещении, так и на открытом воздухе.
- 2. ШМ является источником радиоизлучения в широком частотном диапазоне. Известны случаи регистрации шумов транзисторными приёмниками, телевизорами и даже телефонными аппаратами.
- 3. ШМ, приближаясь к проводникам, индуцирует в них токи. Об интенсивности электрических процессов в ШМ свидетельствуют, например, случаи нагрева проводников (Стаханов [71,с.93]) и свечения невключённых электролампочек (Григорьев [29,с.30]).
- 4. Сильнейшие импульсные токи наводятся в заземлённых проводниках при контактировании с ШМ. Показательны случаи перегорания и взрыва электропроводки.
- 5. Значительная часть энергии взрыва ШМ выделяется в электрической форме (Стаханов [71]). Взрыв на открытом воздухе сопровождается длинными искровыми разрядами, не связанными с линейной молнией.
- 6. ШМ притягивается к заземлённым проводникам, причём на открытом воздухе обычно сопровождает их на расстоянии (явление гидирования).

Седьмое свойство сформулировал Носков [55]: «является продуктом линейной молнии (далее ЛМ), либо другого электрического разряда».

Восьмое, самое важное свойство, сформулировал Леонович [45]: «Существуют свидетельства о наблюдении процесса возникновения ШМ из электрических розеток или действующих электроприборов».

Григорьев [29]: «оказывается, что в 12,4% описаниях наблюдение за ШМ оканчивается ее разрядом на проводящий предмет. Сопоставляя этот факт с тем, что и появление ШМ часто связано с проводниками, можно прийти к выводу, что материальный носитель, из которого состоит ШМ, уютно чувствует в проводящей среде».

Отгадайте с одного раза, какая субстанция может передаваться по электрическому проводу и уютно чувствовать себя в проводящей среде? Правильно, это может быть только поток электронов и ничего более материального (эфир – не материальная субстанция у Ацюковского [9]). Именно поэтому можно смело отбраковывать модели ШМ, в ядре которых

вихревой поток ионов. В ядре ШМ может быть только вихревой поток электронов. Он первичен и является причиной всех остальных процессов в ШМ. Ионные вихревые потоки могут формироваться на поверхности вихревого потока электронов из-за существования явления ионизации и эффекта вовлечения во вращение при трении электронного вихря об слой воздуха.

После применения фильтра из восьми критериев количество оставшихся моделей ШМ стало на порядок меньше. Краткие описания нескольких таких моделей приведены выше в первом разделе. Их авторы: Бутусов [17], Веселов [19], Власов [20,21], Гулак [31], Непомнящий [54], Парфёнов [58], Телетов [73], Черкашин [81], Шило [86]. Все эти авторы видят электронный вихрь в качестве ядра ШМ. У Шило этот вихрь дискового вида, напоминает тайфун или циклон со спиральными рукавами. У Телетова электронный круговой ток движется в сверхпроводящей среде металлического конденсата атомов азота и кислорода («грозовая материя»), вокруг которой формируется плазменная тороидальная оболочка. У Парфёнова пустую внутри тороидальную токовую сверхпроводящую оболочку окружает кольцевое магнитное поле. Гулак представляет ШМ следующим образом: по осевому кольцевому сверхпроводящему каналу вращаются электроны, вокруг них формируется тороидальная ионная оплётка, которую, в свою очередь, окружает видимый сфероидальный световой ореол. Власов утверждает, что основным носителем электромагнитной энергии в ШМ может быть только постоянное тороидальное магнитное поле, которое может существовать в сверхпроводящей плазме в виде кольца с поверхностным винтовым током релятивистских электронов. Бутусов образно называет ШМ природным бетатроном, он считает, что случайно сформированное вихревое электрическое поле создаёт кольцевой разряд электронов, приводящий к возникновению ШМ. У Черкашина ШМ – это дуговой разряд, свёрнутый в кольцо. Непомнящий сравнивает ШМ с дымовым кольцом. Веселов считает, что аналогами этого явления являются циклоны и торнадо.

То есть, многократно, разные люди в разное время изобретали “велосипед”, сами того не понимая, как им пользоваться, какие его общие совокупные свойства. Ситуация напоминает приткзку о слепцах, которые рассказывают о слоне, ошупывая его каждый только со своей стороны. Никто из них не видит слона в целом. И в нашем случае “слепцы” не видят со стороны и заблуждаются об совокупных особенностях “слона”. Шавырин [84]: «Тот факт, что, природа шаровой молнии до сих пор оказывается непонятной, говорит о существовании неких принципов, которые если и наблюдаются в отдельных случаях, до сих пор не имеют корректного физического объяснения». Некие особые необычные принципы действительно существуют. Представим их далее в виде перечня основных особенностей ШМ.

5. ШМ с точки зрения независимого аналитика

Итак, попробуем посмотреть со стороны на нашего “слона”, обозревая его всего целиком, собрав воедино все особенности, видимые авторами различных моделей ШМ.

Первая особенность. ШМ может сформироваться из любого электронного пучка в воздухе, случайно свернутого в замкнутый вихрь. Электронным пучком может быть канал линейной молнии, дуговой разряд конденсатора или аккумулятора большой ёмкости, искра при замыкании линий электропередач, коронный разряд и т.п. Гулак [31]: «Конечно, обычно замыкается не основной ствол линейной молнии, а один из тысяч тонких стримеров, завихрившихся в момент катастрофического столкновения встречных, небесного и земного, ступенчатых лидеров». Непомнящий [54]: «В погруженных субмаринах, оснащенных аккумуляторами огромной емкости и силой тока в тысячи ампер (иногда до 100 тысяч), эти ШМ, вероятно, образуются при неправильной работе переключателей, когда производится резкое прерывание тока, чтобы дать судну задний ход». Черкашин [81]: «Процесс возникновения дугового разряда повторяет процесс возникновения искры между контактами любого выключателя-разъединителя. Отличие заключается в том, что прерываемый ток существует не между контактами аппарата, а в свободном пространстве. После возникновения разряда образуется замкнутый сам на себя шнур “вольтовой дуги”».

Вторая особенность. Свёрнутый электронный пучок не расплывается в пространстве по причине существования баланса между силами отталкивания по закону Кулона, возникающими между однополярными электронами и силами притяжения по закону Ампера, возникающими между параллельными однонаправленными токами. Гулак [31]: «Вокруг молнии, вокруг упорядоченно мчащихся зарядов, вокруг электрического тока (а не просто плазмы!) возникает мощное магнитное поле. Это благодаря ему сохраняется тончайшее в сравнении с протяженностью (в миллионы раз меньшее) сечение токопроводящего канала. Срабатывает пинч-эффект, эффект самостягивания, свойство электрического токового канала уменьшать в упругой проводящей среде свое сечение под действием собственного, порождаемого им самим магнитного поля. И до тех пор, пока по каналу течет ток, магнитное поле, с одной стороны, будет сжимать его, не позволяя расползтись по сторонам, а с другой — изолировать от внешних воздействий».

Третья особенность. Для электронов свернутого пучка должен действовать закон сохранения энергии, полученной в начальный момент формирования ШМ. Поэтому внутренняя накопленная энергия ШМ равна сумме кинетических энергий всех электронов электронного кольца.

Бабат [10]: «вихрь можно рассматривать как ротор электрической машины. Скорость движения плазменного вихря может быть во много раз выше скорости металлического ротора обычной электрической машины. Запасённая в любом движущемся теле кинетическая энергия

пропорциональна квадрату скорости. Удельная энергоёмкость (запас энергии на единицу веса) плазменного ротора не только во много раз больше энергоёмкости любых мыслимых роторов, но превышает даже энергоёмкость химических горючих и взрывчатых веществ, приближаясь к энергоёмкости ядерных реакций».

Четвёртая особенность. Свернутый в вихрь электронный пучок подчиняется законам гидродинамики. Законы физики везде одинаковы. Не имеет значения, из чего состоит вихрь. И вихревые кольца дыма в воздухе и вихревые кольца чернил в воде ведут себя одинаково. Нет никаких оснований думать, что электронный вихрь в воздухе может вести себя по-другому - можно полагать, что ему присущи все свойства вихрей.

Леонов [44]: «...аэрогидродинамика даёт нам право утверждать, что такие вихри вполне возможны». Френкель [76,77,78]: «Перемещение этих шаров в окружающем воздухе происходит до некоторой степени независимо от него, что вполне соответствует движению изолированного вихря в покоящейся среде. Обход «свободными» шарами разного рода препятствий, образуемых посторонними предметами, вполне соответствует аналогичному эффекту при движении обычных вихревых колец и объясняется весьма просто законами гидродинамики».

Пятая особенность. Первичным в ШМ является электронный вихрь. Все остальные явления являются следствием его существования.

Непомнящий [54]: «Это и есть “плазмод кольцообразный вихревой”, в котором происходит подобие внутреннего вращательного движения. Оно и поддерживает его форму, сцепление и стабильность относительно продолжительное время. Это явление того же типа, что и кольца дыма, который могут выпускать ловкие курильщики».

Шестая особенность. ШМ формирует в окружающем пространстве вихревое электрическое поле, которое наводит в окружающих проводниках сильные токи, при прохождении которых выгорают тонкие металлические проводники, загораются выключенные электролампы и т.п. Кудрявцева [29]: «Когда шар пролетал мимо лампы, то волосок накаливания засветился красноватым цветом, хотя выключатель был выключен (мы проверили). Когда шар отлетел от лампы, погасла и нить накаливания».

Седьмая особенность. По законам гидродинамики, в электронном вихре в общем случае существуют две взаимно перпендикулярные составляющие скорости – кольцевая и тороидальная. Парфёнов [58]: «На основной ток накладывается кольцевой, и в итоге электрические токовые линии становятся спиралями». Телетов [73]: «Шафранов (1957) исследовал в магнитогидродинамической трактовке систему винтового тока с взаимно ортогональными магнитными полями в плазменном кольце и доказал её устойчивость».

Восьмая особенность. Свернутый в вихрь сплошной электронный пучок может превратиться по законам Ампера либо в вихревой диск, либо в замкнутую полу тороидальную трубку – вихревое кольцо.

Девятая особенность. Электронное ядро ШМ окружает оболочка из светящейся ионной плазмы. Гулак [31]: «Ионы тянутся к отрицательно заряженному каналу, но не могут преодолеть центробежной силы (в центральном поле сохраняется момент импульса)».

Десятая особенность. Температура поверхности электронного ядра ШМ и окружающей ядро плазменной оболочки близка к температуре окружающей среды. Шавырин [80]: «Наблюдения этого явления в природе говорят нам о самом главном свойстве огней Святого Эльма - это совершенно холодный огонь. Некоторые люди свободно подставляли под него руку, а моряки пытались "погасить" этот огонь, но оказывалось, что он с одной стороны имеет температуру окружающей среды, а с другой стороны, потушить его не так просто - он исчезает только сам собой». Стаханов [68]: «Аргументом против столь высоких значений температуры является также ее вес: если бы температура шаровой молнии была столь высока, молния была бы значительно легче окружающего воздуха».

Одиннадцатая особенность. Самым внешним слоем ШМ является область, где происходит поглощение ультрафиолета и рекомбинация ионов. Это прозрачный ореол со сходящим на нет фиолетово-голубым свечением. Стаханов [68]: «Не исключено, что шаровая молния может излучать мягкое ультрафиолетовое излучение, поглощением которого в окружающем воздухе можно объяснить наблюдаемый голубой ореол». Дмитриев [34]: «Центральная часть молнии была окружена областью толщиной 1-2 см с густым фиолетовым свечением... Следующая, наружная оболочка, толщиной около 2 см, также была неоднородна, напоминая по цвету тихий электрический разряд при атмосферном давлении или периферийное свечение электронного пучка с энергией в несколько десятков килоэлектронвольт, попадающего из вакуумной трубки в воздух при обычном давлении. Светло-голубое свечение этой части молнии быстро убывало, постепенно сходя на нет».

Двенадцатая особенность. Электроны и окружающие электронное ядро ионы двигаются в одном направлении. Причина в том, что электроны снаружи тора увлекают окружающие их частицы в движение точно в том же направлении, в котором двигаются сами. Процесс увлечения во вращение сопровождается уменьшением трения ядра ШМ с окружающим воздухом. Действительно, при движении в одну сторону уменьшается энергия столкновения. Минимум энергии столкновения находится при равенстве поступательных скоростей электронов ядра и частиц окружающей среды. В этом случае при столкновении будет участвовать только радиальная составляющая скорости электронов ядра ШМ. Федосин [75]: «Предложена модель ШМ, состоящая из двух вложенных друг в друга замкнутых токов ионов и электронов. Движение ионов и электронов происходит в одну сторону».

Тринадцатая особенность. Устойчивость ШМ обеспечивается законом сохранения импульса для каждого электрона в частности и законом сохранения момента вращения для электронного вихря в целом.

Действительно, электронный вихрь подчиняется всем законам гидродинамики. Он будет вращаться до тех пор, пока выполняется баланс сил. Одна сила – это центробежная сила, которая пытается отбросить электроны подальше от центра. Ей противостоит сила, которая всегда возникает при появлении разности давления. По законам гидродинамики внутри тороидальной трубки пониженное давление воздуха.

Четырнадцатая особенность. В ядре ШМ существует явление сверхпроводимости. Гулак [31]: «проносится огромное количество электричества преимущественно одного знака и в одном направлении. Это возможно только при исключительно высокой проводимости». Телетов: «Долгая её жизнь указывает на то, что вещество кольца находится в состоянии метастабильности и сверхпроводимости».

Пятнадцатая особенность. Магнитное поле ШМ является не причиной её существования, а следствием. В ядре ШМ магнитное поле выполняет только стабилизирующую роль. Аналогично в катушке с током магнитное поле выполняет роль гидродинамической среды, не давая электронам быстро разогнаться при включении напряжения и быстро потерять скорость при отключении. Власов [20,21]: «...основным носителем электромагнитной энергии в ШМ может быть только постоянное тороидальное магнитное поле». Черкашин [81]: «Ток поддерживается за счёт энергии, созданного им же магнитного поля. Если проводник сверхпроводящий, то ток и энергия будут существовать долго».

Шестнадцатая особенность. При случайном отделении от электронного вихря маленьких электронных пучков происходит их распад на искры, с треском растворяющихся в воздухе. Григорьев [29]: «При анализе всех описаний, где упоминается внутренняя структура ШМ, часто повторяющимися элементами структуры являются хаотически движущиеся светящиеся точки, светящиеся переплетенные линии (которые, вообще говоря, могут быть прочерчены быстро движущимися искрами), маленькие светящиеся шарики, движущиеся в объеме ШМ».

Семнадцатая особенность. При случайной потере тороидальной составляющей скорости возможен плавный переход тороидального движения в плоский дисковый вихрь. В этом случае ШМ медленно умирает без взрыва. Кольцевые токи на противоположных стенках “дырки бублика” противоположно направлены, поэтому по закону Ампера дисковый вихрь должен превратиться в плоское кольцо.

Восемнадцатая особенность. При энергии электронов $\varepsilon > 81 \text{ МэВ}$ основные потери идут на тормозное ЭМ излучение с непрерывным спектром, захватывая ультрафиолетовую и рентгеновскую область. При энергии электронов $\varepsilon < 81 \text{ МэВ}$ потери энергии на ионизацию становятся больше потерь на тормозное ЭМ излучение. При $\varepsilon \ll 81 \text{ МэВ}$, основными становятся ионизационные потери. Царенко [29]: «Шар взорвался в 5-6 метрах от меня, после взрыва ощущался сильный запах озона и гари, дышалось очень легко. Около месяца после этого случая я хромал на левую ногу, так как болело колено, и нога до колена была синяя, потом

стала шелушиться кожа». Григорьев [29]: «Мы перешли к знакомству с еще одним электрическим свойством ШМ, связанным с ее электромагнитным излучением, ее способностью вызывать радиационные ожоги кожи у наблюдателей, иногда даже и под одеждой и без взрыва. Это свидетельствует о возможности наличия у ШМ ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучения».

Девятнадцатая особенность. В момент образования электронный вихрь стремится превратиться в сферический вихрь Хилла. В “дырке бублика” параллельные тороидальные микротоки (в плоскости сечения через ось симметрии) направлены в одну сторону. Значит, они притягиваются друг к другу, стремясь свести к нулю диаметр отверстия. При случайной потере тороидальной составляющей скорости сферический вихрь Хилла может превратиться в цилиндрический вихрь типа торнадо.

Двадцатая особенность. При взрыве ШМ электроны разлетаются в разные стороны, распадаясь на отдельные пучки, которые разлетаются вокруг подобно искрам с расчёски. Причиной разрушения может быть мгновенное выравнивание давления внутри и снаружи вихря. Если сразу после деления произошло разрушение только одного электронного кольца, то после взрыва опять можно наблюдать ШМ. При взрыве всегда ускоряются любые химические реакции. Отсюда возникновение сразу после взрыва дымки и резких запахов веществ. Григорьев [29]: «Если сопоставить данные о структуре ШМ с вышеприведенными данными, что ШМ при внешних воздействиях или при столкновении с землей или стеной рассыпается также на искры и шарики, то представления о шариках и искрах как об элементарных кирпичиках, из которых состоит ШМ, получают дополнительное подтверждение».

Двадцатая первая особенность. Так как ШМ – это свёрнутый пучок быстрых электронов, то датчики радиоактивности должны показывать высокий уровень β -излучения. В результате ядерных реакций β -захвата в окрестностях ШМ должно фиксироваться повышенное содержание радиоизотопов ${}^5\text{B}^{12}$, ${}^6\text{C}^{14}$, ${}^7\text{N}^{16}$, ${}^9\text{F}^{20}$.

Двадцатая вторая особенность. При большой поступательной скорости электронов ШМ кулоновские силы ядер атомов диэлектрика уже не способны изменить направление движения электронов. В этом случае ШМ способна проходить через диэлектрик, не разрушая его структуры (ядра на пять порядков меньше атомов, поэтому вероятность физического столкновения с ними очень мала).

6. Законы гидродинамики для вихрей

- 1. В общем случае в вихре существуют две составляющие скорости частиц вихря – кольцевая и тороидальная. По этой причине траектория любой частицы вихря напоминает спираль, свёрнутую в кольцо.



Рисунок 16. Траектория частицы в вихре

- 2. Вихрь называется вихревым кольцом, когда высота по оси вращения вихря соизмерима с его диаметром, перпендикулярным оси вращения.
- 3. В вихревом кольце центр тяжести поперечного сечения самопроизвольно движется параллельно оси вихревого кольца с приблизительно постоянной скоростью, направленной в ту же сторону, в какую вещество вихря течет сквозь кольцо, даже против ветра.

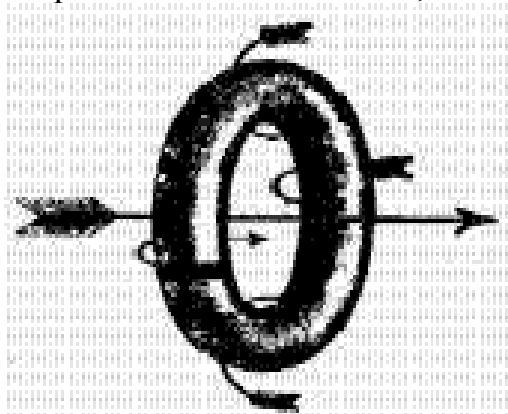


Рисунок 17. Направление самостоятельного движения вихревого кольца

- 4. В зависимости от соотношения направлений кольцевой (винтовой) и тороидальной составляющих скорости, различают вихри разной полярности – правовинтовые и левовинтовые.

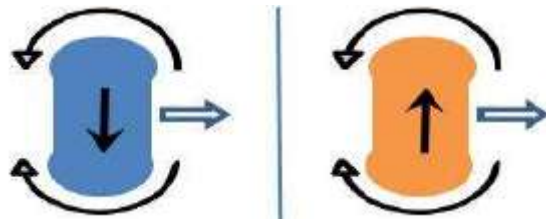


Рисунок 18. Слева – правовинтовой вихрь, справа – левовинтовой

- 5. Вещество вихревого кольца не смешивается с окружающей средой.

6. При самостоятельном движении позади вихревого кольца образуется шлейф, сформированный из потерянного вещества кольца.



Рисунок 19. Шлейф в воздухе от дымового кольца

7. Вихревое кольцо способно делиться на аналогичные кольца.

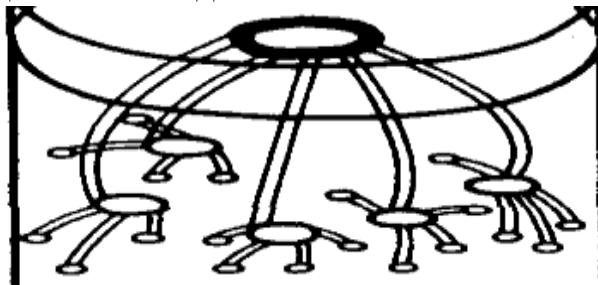


Рисунок 20. Эксперимент по делению вихревых колец

8. Вихревое кольцо, наткнувшись на наклонную плоскость при своём самостоятельном движении, отталкивается от неё.



Рисунок 21. Отталкивание вихревого кольца от наклонной плоскости

9. Вихревое кольцо упругое, отскакивает от препятствия, как мячик. Вуд [23]: «После некоторой тренировки можно научиться выпускать два кольца быстрой очередью, причем так, чтобы второе летело с несколько большей скоростью, чем первое. Тогда второе кольцо нагоняет первое, ударяется об него и отскакивает. Оба кольца остаются целыми и превращаются в вибрирующие эллипсы. Это показывает, что газовый вихрь обладает упругостью».

10. Вихревое кольцо может совершать упругие периодические колебания различных мод (два горба, три горба, четыре горба и т.д.), аналогично тому, как пульсирует пузырёк жидкости (Саранин, [62]).

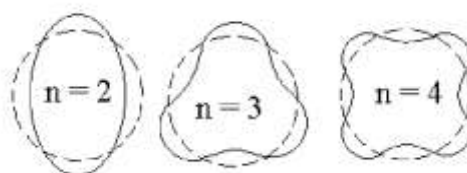


Рисунок 22. Различные моды колебаний пузырька жидкости

11. Параллельно летящие вихревые кольца поворачиваются и прилипают друг к другу передними торцами, если $1,5d < l < 4d$.

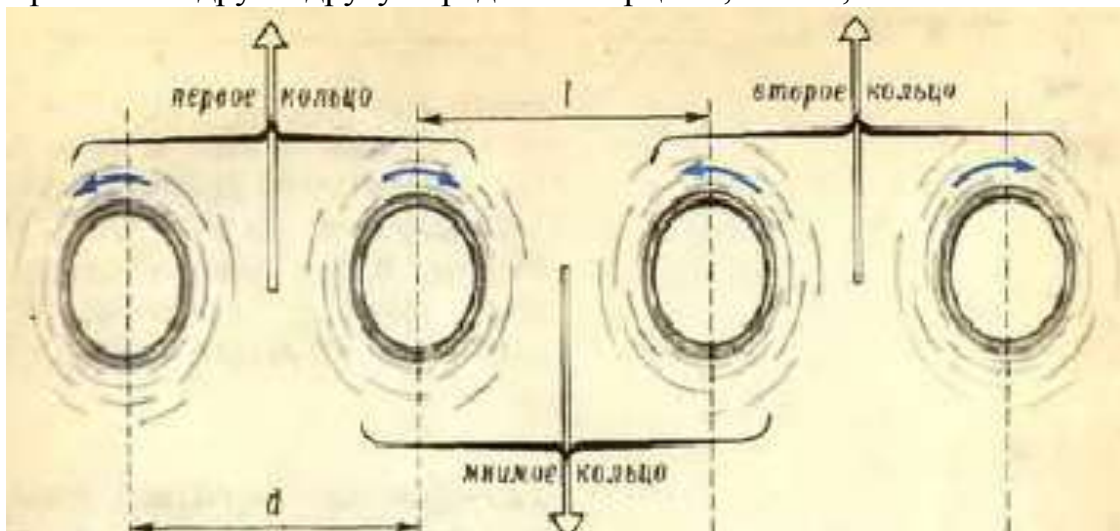


Рисунок 23. Взаиморасположения вихревых колец перед их слипанием

12. Вихревые кольца способны взаимодействовать друг с другом, образуя динамические комбинации (“игра” колец, вращение вокруг общего центра и т.п.).



Рисунок 24. Динамическая “игра” колец

13. Если винтовые кольца движутся навстречу друг к другу, то под взаимным влиянием взаимное сближение их будет происходить всё медленнее, расширение же, напротив, будет происходить с возрастающей скоростью.

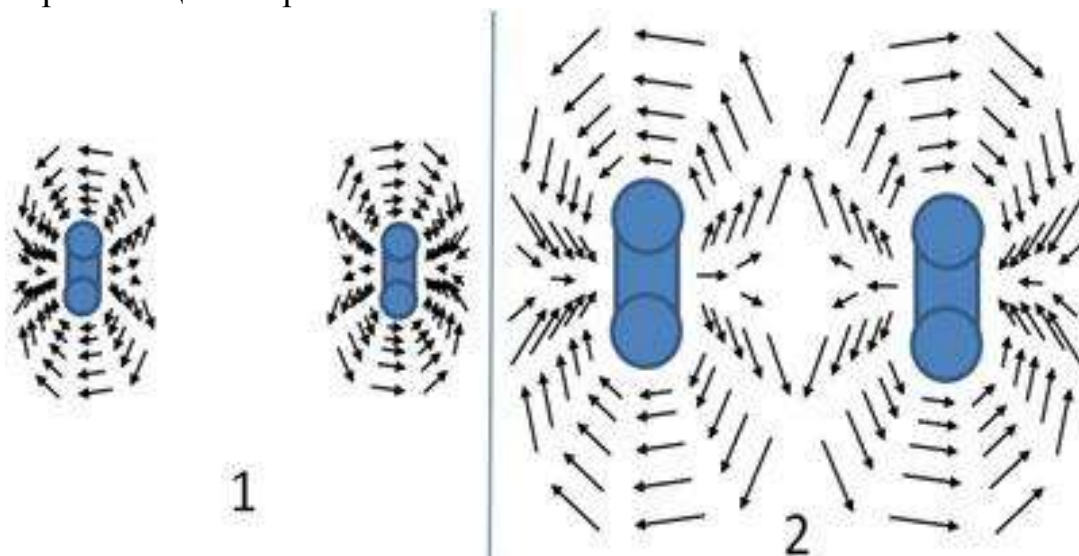


Рисунок 25. Винтовые кольца, двигающиеся навстречу, расширяют друг друга

- 14. Если вихревые кольца в процессе собственного движения удаляются друг от друга, то под взаимным влиянием взаимное удаление их будет происходить всё быстрее, взаимное сужение же, напротив, будет происходить с уменьшающейся скоростью.

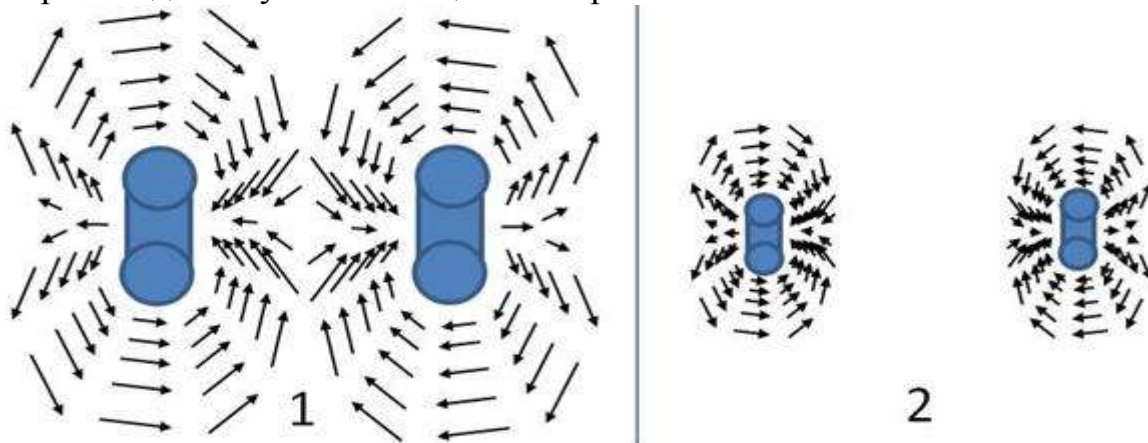


Рисунок 26. Вихревые поля удаляющихся колец, суживают друг друга

- 15. Вихревое кольцо умеет проникать через узкие щели, через маленькие отверстия, как это происходит, например, при “игре” колец. Если ось симметрии кольца не совпадает с серединой узкой диафрагмы, то после прохождения диафрагмы меняется направление движения кольца.

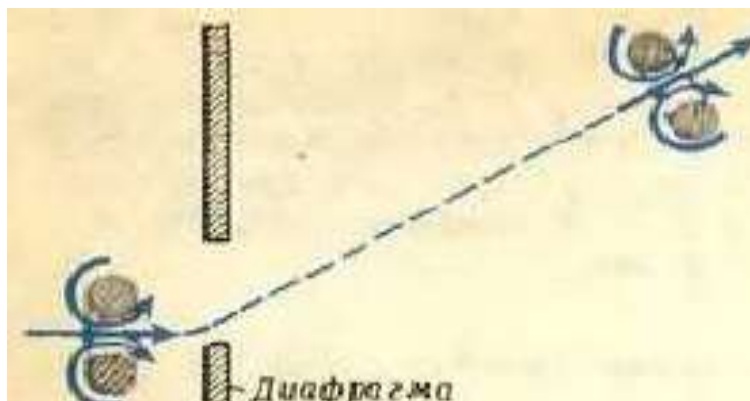


Рисунок 27. Нецентральное прохождение вихревого кольца через диафрагму

- 16. Вихревое кольцо нельзя уничтожить разрезанием или протыканием – по закону сохранения момента вращения оно либо восстановит свою форму, либо поделится.
- 17. Два вихревых кольца способны сливаться в одно вихревое кольцо

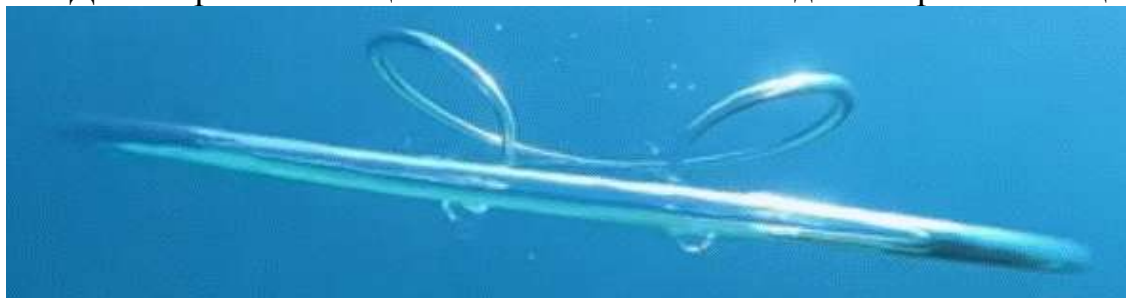


Рисунок 28. Процесс слияния двух водяных колец

18. В вихревом кольце в конце его жизни возникают неустойчивость и турбулентные течения, разрывающие его на части и растворяющиеся в окружающей среде без всякого следа. Ниже показан процесс последовательного разрушения водяного вихревого кольца в результате постепенного роста неустойчивости. Развиваются синусоидальные возмущения с семью волнами. Амплитуда волн возрастает до тех пор, пока кольцо внезапно не испытает перехода к турбулентности при сохранении видимости его структуры (Ван-Дайк,[93]).

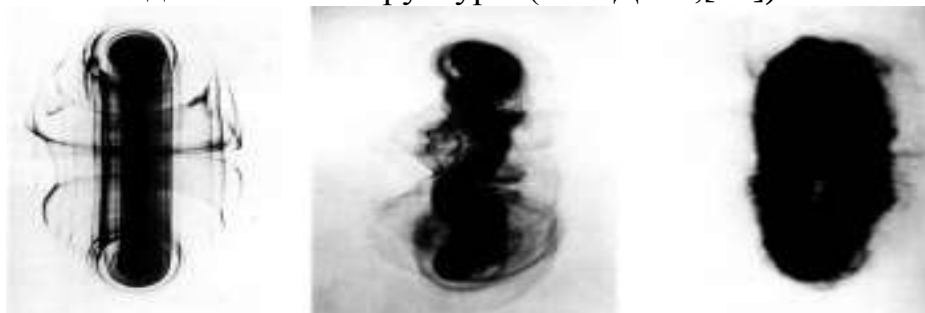


Рисунок 29. Последовательное разрушение подкрашенного вихревого кольца

19. Старение вихревого кольца сопровождается увеличением в диаметре.



Рисунок 30. Расширяющиеся со временем вихревые кольца

20. Частным случаем вихревого кольца, когда его диаметр намного больше диаметра трубы тора, является вихревой обруч.



Рисунок 31. Вихревой обруч в воде

21. Частным случаем вихря, когда высота по оси симметрии намного меньше его диаметра, является вихревой диск (вихревая линза).



Рисунок 32. Дiskoобразный вихрь в атмосфере (тайфун)

- ✚ 22. При преобладании кольцевого вращения соседние вихри с параллельными осями симметрии, вращающиеся в одну сторону, начнут вращаться в одном направлении вокруг общего центра масс, с противоположных сторон этого центра. В одном частном случае, один вихрь вращается вокруг другого, если его интенсивность намного меньше. В другом частном случае, на малых расстояниях между центрами, соизмеримых с диаметрами вихрей ($<1,5d$), происходит либо разрушение вихрей, либо их объединение в единый вихрь.
- ✚ 23. При преобладании кольцевого вращения соседние вихри с параллельными осями симметрии, вращающиеся в разные стороны, начнут вращаться в одном направлении вокруг общего центра масс, с одной стороны этого центра. В частном случае, если интенсивности вихрей равны, то они параллельно двигаются прямолинейно. При уменьшении расстояния между центрами разрушения вихрей не происходит, увеличивается лишь их синхронная скорость движения.

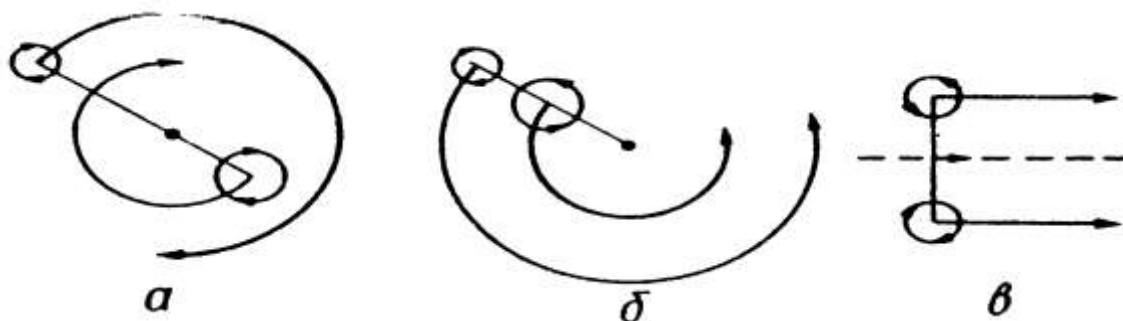


Рисунок 33. Основные типы взаимодействия двух вихрей с преобладанием кольцевого вращения (типа циклон, ураган, тайфун, торнадо, смерч)

- ✚ 24. При преобладании кольцевого вращения соседние вихри с параллельными осями симметрии, вращающиеся в одну сторону, имеют тенденцию отталкиваться друг от друга. Такие же параллельные вихри, вращающиеся в противоположных направлениях, имеют тенденцию притягиваться друг к другу. Физической основой для возникновения таких сил является появление избыточного давления при встречных потоках между вихрями и появление пониженного давления при однонаправленных потоках между вихрями.
- ✚ 25. Вихри с преобладанием кольцевого вращения способны взаимодействовать друг с другом, образуя статические комбинации.

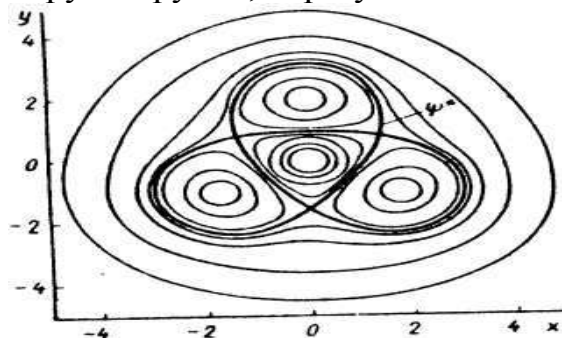


Рисунок 34. Эскадрилья из четырёх вихрей (крайние вихри вращаются в противоположном направлении)

26. Частным случаем вихря, когда высота по оси симметрии намного больше его диаметра, является цилиндрический вихрь.



Рисунок 35. Цилиндрический вихрь в атмосфере (торнадо)

27. Цилиндрический вихрь обладает способностью расслаиваться на калиброванные вихри одного размера (так называемые вихри Тейлора).

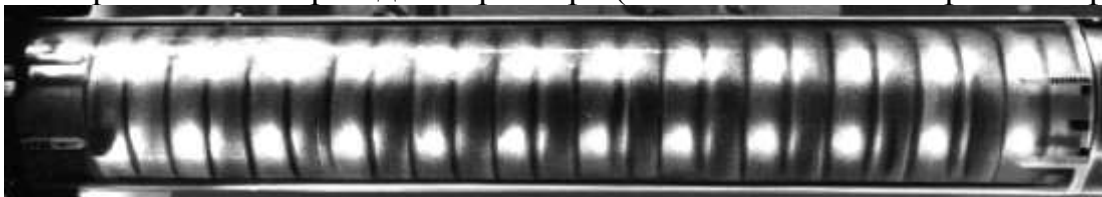


Рисунок 36. Расслоение цилиндрического вихря на вихри Тейлора

28. Вихревые кольца имеют тенденцию притягиваться друг к другу передними или задними торцами, как это происходит, например, между соседними вихрями Тейлора в расслоившемся цилиндрическом вихре. Физической основой сил притяжения является появление пониженного давления в общем потоке между вихрями.
29. Возможно автономное существование любой части расслоившегося цилиндрического цилиндра, в том числе и оторвавшегося куска из двух, трёх, четырёх и т.д. вихрей Тейлора. Статические комбинации из чётного числа вихревых колец могут быть двух разных полярностей.

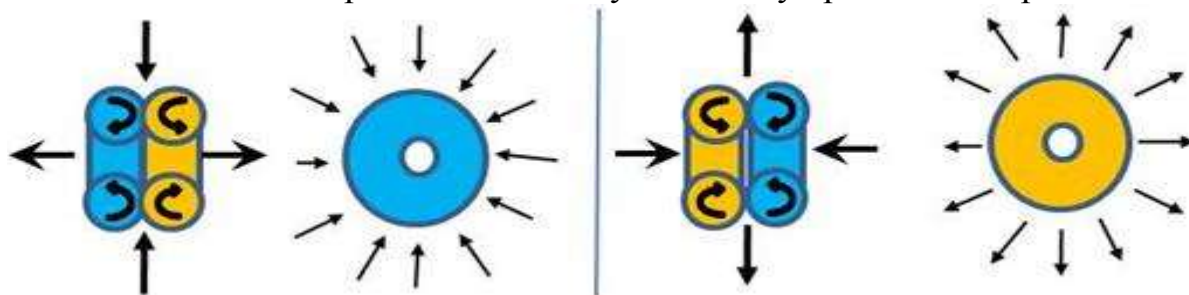


Рисунок 37. Две статические комбинации спаренных вихревых колец

30. Частным случаем кольцевого вихря, когда диаметр равен высоте и внутреннее отверстие (“дырка бублика”) стремится к нулю, является сферический вихрь Хилла.

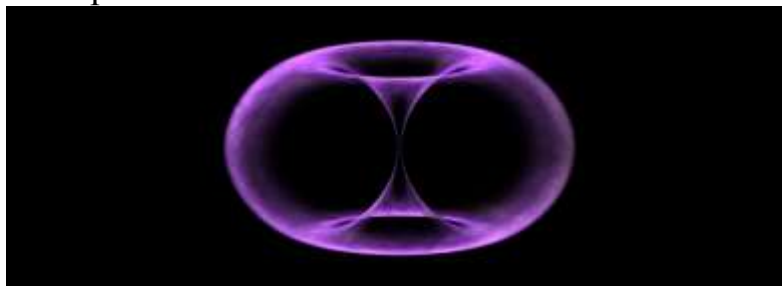


Рисунок 38. Сферический вихрь Хилла

- ✚ 31. Вихри Хилла - это особый вид вихревых колец, отличающихся особым уникальным свойством. У них существует физический запрет на расширение, увеличение диаметра “дырки бублика”. Это связано с физическим слипанием стенок “дырки бублика” и возникшей в связи с этим огромной силой притяжения стенок друг к другу.
- ✚ 32. Сферический вихрь Хилла способен выпускать выброс в виде конуса впереди направления движения. Это происходит, когда вихрь Хилла сзади догоняет какой-либо другой вихрь. В данном случае чехарда колец физически невозможна, потому что вихрь Хилла не способен расширять внутреннее отверстие. Тогда при соприкосновении двух вихрей возможно выжимание содержимого заднего вихря в кумулятивную струю – джет.



Рисунок 39. Кумулятивный выброс жидкости из водяного вихря Хилла

- ✚ 33. Из-за своих физических особенностей, особо происходит и старение сферического вихря Хилла - с течением времени он постепенно уменьшается в размерах.
- ✚ 34. Из-за физических особенностей вихрей Хилла, особые свойства приобретают и их парные статические комбинации. Их размеры стабильны во времени - они физически не могут расширять или сужать друг друга, как это делают обычные вихревые кольца.

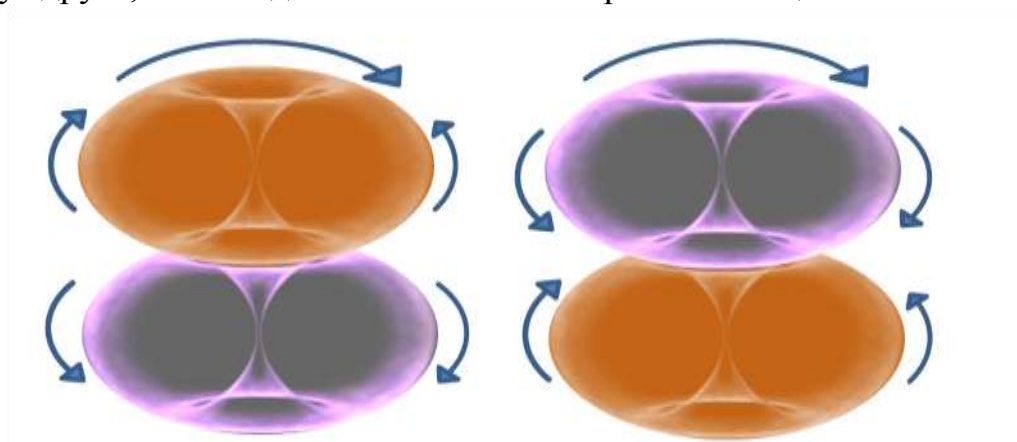


Рисунок 40. Стабильные парные статические комбинации вихрей Хилла

7. Физические причины притяжения электронов

Лихошерстных [46]: «История показывает, что при встрече с принципиально новым явлением попытки его толкования неизменно упирались в уже сформулированные ранее запреты (законы, факты) науки: что может быть, а чего “не может быть, потому что быть не может...”. Поучительно то, как преодолевались подобные барьеры. Всегда оказывалось, что хотя известные законы и лежали преградой на пути движения знания, она устранялась не за счет игнорирования достоверных фактов, а за счет изменения их интерпретации. Классический пример тому - создание Бором планетарной модели атома. Здесь запретом был установленный в лабораторных условиях факт излучения энергии зарядом, движущимся по кривой. А у Бора электрон двигался по кривой, не излучая. Это противоречие было преодолено путем поправки: на сильные поля, что вокруг ядра, закон не распространяется, и там электрон может двигаться, не излучая». Лихошерстных [47]: «В ряде моделей (Б. Сотин, Ю. Волошина, Б. Холодюк) устойчивость ШМ была “куплена” ценою пересмотра закона Кулона, то есть путем допущения, что при высокой концентрации или большом сближении зарядов силы отталкивания уступают место локализующим силам притяжения между одноименными зарядами. ... Мерцалов, отступив от шредингеровского понимания волн де Бройля как волн вероятности и представив электрон как чисто волновое образование, оперирует в своей модели интерференцией этих волн, создающей, по его мнению, притяжение между электронами и нейтрализующей их заряд».

Несомненно, закон Кулона нарушаться не должен. Как же удерживать электроны друг возле друга, не нарушая этого закона? Такое возможно, если только силам отталкивания будет противодействовать какая-либо другая сила. Вообразим, что ядро ШМ на начальном этапе развития согласно математической операции интегрирования представляет собой совокупность бесконечного числа параллельных бесконечно тонких электронных пучков (микротоков), смотанных в виде свёрнутой в кольцо проволоочной катушки.

Электронные пучки обладают следующими свойствами (Аксенович [2]):

- вызывают свечение некоторых твердых и жидких тел (стекла, сульфидов цинка и кадмия). В настоящее время применяются люминофоры, у которых до 25 % энергии электронного пучка превращается в световую;
- при торможении быстрых электронных пучков в веществе возникает рентгеновское излучение. Это используется в рентгеновских трубках;
- электронные пучки отклоняются в электрических полях, например, в поле плоского конденсатора происходит смещение электронного пучка к положительно заряженной пластине;
- электронные пучки отклоняются в магнитных полях вследствие действия на электроны силы Лоренца. Пролетая над северным

полюсом магнита, электроны отклоняются в одну сторону, а пролетая над южным полюсом — в противоположную сторону;

- при попадании на вещество электронные пучки нагревают его и оказывают механическое действие. Нагревание, которое вызывает электронный пучок, попадая на какое-либо тело, используют для плавки сверхчистых металлов в вакууме;
- электронный пучок при попадании на фотопленку вызывает ее потемнение.

С одной стороны, согласно третьего свойства, электронные пучки действительно должны отталкиваться друг от друга. Если они взаимодействуют кулоновскими силами с заряженными пластинами, то должны взаимодействовать кулоновскими силами и с токами зарядов. Но с другой, стороны, как взаимодействуют параллельные проводники с однонаправленными токами? Правильно – притягиваются, а не отталкиваются (закон Ампера, 1820 г.). Важные следствия закона Ампера: при взаимодействии параллельных токов, протекающих в одном направлении, два расположенных рядом проводника начнут притягиваться, а если токи будут протекать в разных направлениях, то проводники будут отталкиваться. Законы физики нарушаться не должны. Если притягиваются макротоки на макрорасстояниях, то микротоки на микрорасстояниях тоже обязаны притягиваться. В научной литературе такое явление объясняется пинч-эффектом - сжатием шнура тока плазмы или электрического токового канала в сжимаемой проводящей среде под действием магнитного поля, создаваемого этим током. Пинч-эффект был впервые описан в 1934 У. Беннеттом в связи с проблемой самофокусировки сгустка быстрых электронов, выбрасываемых при солнечной вспышке в разреженную межпланетную плазму. Кулоновские силы по природе своей являются электрическими силами. Силы, вызванные законом Ампера, по природе своей являются магнитными силами. То есть, в нашем случае две силы разного рода должны одновременно действовать в противоположных направлениях. А там, где действуют противоположно направленные силы, должен возникать баланс сил. В нашем случае, при наступлении баланса сил наступает равновесие, при котором тороидальный пучок не расплывается и не съедается. Таким образом, закон Кулона не пересмотрен, уточнены лишь условия, в которых он работает. Не понадобилось никаких изменений в интерпретации законов. Кстати, возможно по аналогичному принципу канал линейной молнии не расплывается в пространстве, а стягивается в электронный пучок.

Акимов [1]: «Электронный пучок – это по сути главный «виновник» возникновения линейной и шаровой молнии, поэтому стоит подробно рассмотреть его свойства и то, как он взаимодействует с газовой средой. В ряде случаев описание отдельных частиц не дает представления о картине распространения пучка в целом. Например, если электронный пучок распространяется в тормозящей среде (плазме) или в случае сильноточного пучка с током более 1000 А. Электронный пучок линейной молнии

движется в среде с очень большой скоростью: в среднем более 1000 км/с. При такой скорости его распространения вдоль канала молнии его уже нельзя рассматривать как независимый набор свойств отдельных электронов, такой пучок обладает коллективными свойствами.

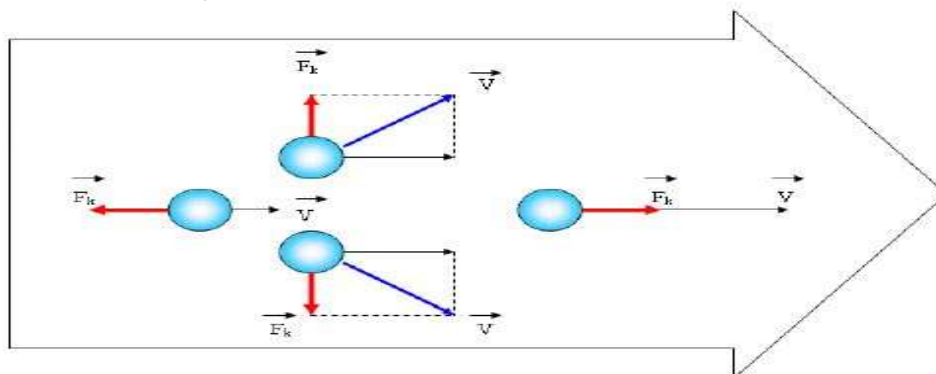


Рисунок 41. Кулоновское отталкивание электронов в пучке

К коллективным процессам в электронном пучке относят:

- Кулоновское отталкивание электронов пучка друг от друга, в результате, которого появляется разброс в направлениях и скоростях электронов в пучке. При этом электроны, находящиеся в «голове» пучка, ускоряются, а те, что в «хвосте», тормозятся электрическим полем соседних электронов пучка.
- Магнитное сжатие электронного пучка. Механизм этого сжатия объясняется однонаправленным движением электронов в пучке, который можно уподобить набору элементарных токов, стремящихся притянуться друг к другу под действием магнитных полей.

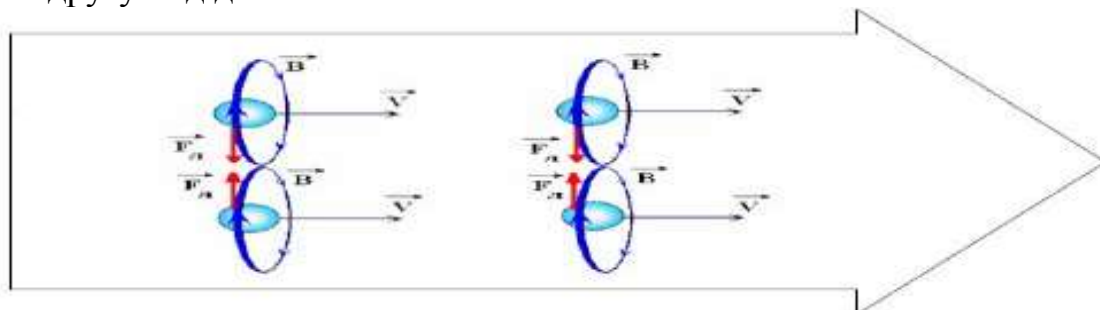


Рисунок 42. Магнитное притяжение электронов

Для того чтобы электронный пучок распространялся в вакууме, не распадаясь на отдельные электроны, и не сжимался, запираясь собственным магнитным полем, необходимо точное равенство сил электрического отталкивания электронов в пучке и их магнитного взаимодействия. Однако при движении электронного пучка в воздухе (именно такой процесс осуществляется при разряде линейной молнии) ситуация несколько иная, чем описана выше. Это объясняется тем, что в газовой среде уменьшение плотности объемного заряда, сосредоточенного в пучке, может достигаться не за счет развала пучка, а вследствие разлета вторичных, третичных и т.д. образованных при ионизации электронов. Если же магнитная индукция пучка достигает больших значений и стремится запереть электронный пучок к центру, то уменьшению

собственного магнитного поля электронного пучка способствуют обратные токи, возникающие под действием прямого тока пучка в проводящей, тормозящей среде. Таким образом, в газовой среде, где электронный пучок при движении непрерывно теряет свою кинетическую энергию на ионизацию, тормозится средой, он может быть более устойчивым, чем в вакууме. Конечно, не только среда воздействует на электронный пучок, но и сам пучок сильно влияет на среду, в которой он распространяется:

- во-первых, он ее разогревает, т.е. увеличивает кинетическую энергию хаотичного движения атомов и молекул;
- во-вторых, вызывает в среде целые ионизационные каскады, тем самым резко снижая ее сопротивление электрическому току и превращая, окружающий пучок, газ в плазму.

В результате расчетов получим, что скорость вторичных электронов, образованных при ионизации воздуха, больше скорости электронного пучка примерно на один порядок! Таким образом, ионизационный каскад, вызванный электронным пучком в среде, протекает с большей скоростью, чем скорость движения самого пучка.

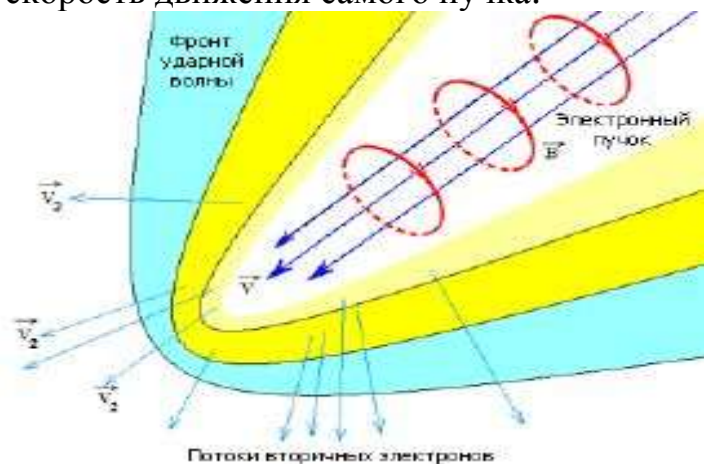


Рисунок 43. Распространение электронного пучка в атмосфере с образованием потоков вторичных электронов

Однако сама среда (воздух) не является однородной, она имеет различный химический состав, следовательно, различные энергии ионизации атомов и энергии диссоциации молекул среды. Изменения в концентрации частиц воздуха, обусловлены флуктуациями его плотности, температуры и давления. Все это делает неравноправными различные направления распространения электронного пучка в газовой среде. Причем наиболее вероятным направлением можно считать направление с минимальным сопротивлением среды. Оно определяется по значениям плотности газовой среды (а точнее – концентрацией атомов и молекул) и числом заряженных частиц в ней».

8. Физические основы сверхпроводимости в ШМ

О существовании сверхпроводимости в ШМ говорят Сафонов [66], Власов [20,21] и др. Черкашин [81]: «Сначала напомним несколько аналогичных явлений. Например, в металлическом кольце диаметром 10 см из медного провода диаметром 5 мм с индуктивностью $L = \mu_0 R \cdot \ln(8R / r - 7 / 4) = 0,2 \text{ мкГн}$ и активным сопротивлением $R_{\text{акт}} = 1,1 \text{ мкОм}$ индуцированный ток после снятия возбуждающей силы продолжает циркулировать ещё доли секунды, спадая по экспоненциальному закону с постоянной времени $\tau = L / R_{\text{акт}} = 0,2 \text{ с}$. Ток поддерживается за счёт энергии, созданного им же магнитного поля. Если проводник сделать сверхпроводящим, то ток и энергия будут существовать долго. Виток можно перенести в любую точку пространства, вместе с ним будет перенесено его магнитное поле. Энергия магнитного поля будет теперь находиться в новых точках пространства. Подобным образом переносится энергия электрического поля вместе с электрическими зарядами (например, заряженный конденсатор) или механическая энергия вращающегося волчка при переносе его (вместе с подставкой без остановки волчка) в новую область пространства».

Гулиа [32,33]: «Особенно интересны сверхпроводящие накопители. Если кольцо сверхпроводника охладить до температуры, близкой к абсолютному нулю, то электрическое сопротивление в кольце исчезнет. Теперь в нем можно наводить токи, благодаря чему его гигантское электромагнитное поле накопит огромный запас энергии. Так ее можно хранить годами». Зеликин [36]: «Были предприняты десятки попыток найти физический механизм, объясняющий столь долгое время жизни шаровых молний. По общему признанию, ни одна из них не является состоятельной. Мне кажется, что есть единственный выход из создавшегося положения: признать, что в основе этого явления лежит сверхпроводимость плазмы. Кадомцев в книге “Коллективные явления в плазме” описывает колебания плазмы с отрицательной энергией, что является указателем на наличие щели в спектре энергии и, следовательно, указывает на возможность для появления сверхпроводимости. ... Еще одно косвенное подтверждение идеи сверхпроводимости в плазме — аналог эффекта Мейсснера. То обстоятельство, что магнитные поля не проникают вглубь электронной плазмы, а только на расстояние $\lambda = c/\omega$ от поверхности, указывает на аномально сильные диамагнитные свойства электронной плазмы. ... Другое косвенное подтверждение имеется в статье Арсеньева, где он утверждает, что столкновения в плазме происходят с малым изменением импульса». Лихошерстных [46,47]: «Вообще же, если допускать, что в шаровой молнии циркулируют токи, то длительное существование ШМ представляется совершенно невозможным без сверхпроводимости, хотя она и запрещается в подобных условиях современной, хорошо разработанной теорией сверхпроводимости. Не исключено, что в данном конкретном случае мы имеем налицо

отмечавшуюся выше ситуацию, когда запрет нуждается в его преодолении путем изменения интерпретационной части фактов. Физические условия в ШМ, судя по всему, достаточно уникальны, то есть достаточны для того, чтобы попытаться найти исключение из господствующего научного правила. Но конечно, это должно быть обосновано не менее фундаментально, чем обоснован сам “запрет”. Если же подобный вариант окажется все-таки нереализуемым, то, как это ни жаль, придется отказаться от токовых, в том числе и тороидальных, моделей».

Эй, торопиться не надо. Теория сверхпроводимости разработана для прохождения электронов в твёрдом теле между атомами и ионами с минимальными столкновениями с ними. Изменения интерпретации фактов следующие: внутри вихревого кольца нет ни твёрдой, ни жидкой фазы вещества. Атомы и ионы газов в процессе формирования тороидального вихря выталкиваются наружу, подобно тому, как вода в быстром ручье расталкивает весь мусор к берегам. Конечная картина после первичного взаимодействия микротоков – все электроны находятся в оболочке тора и двигаются с одной скоростью в одном направлении. А что внутри тора? В самом лучшем случае ничего материального, вакуум. В самом худшем случае очень сильно разряженный воздух. То есть, почти не существует столкновений электронов внутренней поверхности тора с атомами и ионами воздуха. Любые частицы воздуха внутри тора немедленно разгоняются до скорости вращения тора и изгоняются наружу по принципу центрифуги. Если электроны ничем не тормозятся, значит это и есть настоящее явление сверхпроводимости. А снаружи тора происходит трение электронов о слои окружающего воздуха, в результате чего электроны теряют энергию, а слои воздуха ионизируются и нагреваются. В лабораторных условиях сверхпроводимость в твёрдых веществах достигают при сверхнизких температурах. В нашем случае то же самое. Термин “температура” сформулировано для оценки средней кинетической энергии хаотического движения частиц. Так как на поверхности электронного тороидального ядра ШМ существует строго упорядоченное синхронное движение электронов, то в буквальном смысле температура поверхности будет близка к нулю. За пределами поверхности электронного тороида, с одной стороны, из-за огромной разности в массе поверхностные электроны при столкновении с молекулами, не в состоянии заметно изменить скорость их движения. Аналогично брошенное ведро воды не в состоянии заметно изменить скорость трактора. С другой стороны, большая часть кинетической энергии, переданной частицам воздуха, идёт на увеличение их упорядоченного вихревого движения, а не на увеличение средней скорости хаотического движения. При энергии электронов $\epsilon > 81 \text{ МэВ}$ ШМ тепла почти не выделяет. Нагревание окружающего воздуха, поэтому, незначительно и не ощущается. Лишь в конце своей жизни, при энергии электронов $\epsilon < 81 \text{ МэВ}$, выделяемое ШМ тепло может быть ощутимо. Что и отмечает небольшая часть наблюдателей.

9. Физические основы светового излучения ШМ

Смирнов [68]: «Таким образом, из анализа данных по поперечному фотометрированию фотографии следа шаровой молнии можно сделать вывод, что объемное излучение шаровой молнии более вероятно, чем излучение с ее поверхности». Стаханов [71]: «Любопытным свойством шаровой молнии является ее прозрачность в видимом свете. Сообщения о том, что сквозь молнию можно видеть окружающие предметы (конечно, в тех случаях, когда поток излучаемого ею света невелик и не может помешать этому), имеются и в обзорах, и в ответах на нашу анкету. Наиболее убедительным свидетельством в пользу прозрачности шаровой молнии являются результаты фотометрирования фотографии следа шаровой молнии. ...Итак, шаровая молния прозрачна для видимого света. Поскольку она не является черным телом в видимой части спектра, ее температура никак не связана с ее излучением в этом спектре. Вывод этот важен потому, что именно на основании свечения шаровой молнии ей иногда приписывают температуру 5—10 тыс. градусов и даже выше. ...Удивительным в шаровой молнии является не излучение света, а то, что, излучая свет, она почти совсем не излучает тепло». Гулиа [32,33]: «Что касается высвечивания, которое приводят в качестве основного аргумента критики гипотезы внутренней энергии шаровой молнии, то длительность его вовсе не противоречит закону сохранения энергии при допущении, что энергия переходит в свечение не сразу, а постепенно. Если внутренняя энергия шаровой молнии как аккумулятора выделяется медленно, то свечение может продолжаться достаточно долго. Так, например, литр легкого газа ацетилена, медленно сгорая в воздухе, обеспечивает яркое свечение, соизмеримое с силой света шаровой молнии, в течение нескольких десятков секунд. А ведь вещество шаровой молнии может таить энергию и в сотни раз большую. Я уже почти не сомневался, что шаровая молния несет свою энергию внутри себя. То есть она и есть настоящая “энергетическая капсула”, только созданная не человеком, а искусницей природой». Шавырин [84]: «В принципиальной холодности этого огня и заключается основной ключ к пониманию возникновения шаровой молнии, а также рекомендация к тому, как создать шаровую молнию и холодный нуклеосинтез в экспериментальных условиях. Как же может возникнуть огонь обладающий таким уникальным свойством, как полное отсутствие температурного нагрева? Очевидно, что для объяснения никакие виды газового разряда здесь не подходят, поскольку любой вид газового разряда - это следствие быстрого движения электронов, а следовательно он должен обладать высокой температурой. Даже наиболее “энергосберегающие” лампочки, самые холодные из существующих, обладают вполне реальной высокой температурой и внести руку в такой разряд очевидно невозможно». Леонов [44]: «Диаметр кольца должен казаться большим, чем на самом деле, из-за рассеивания электронов с его поверхности, ибо молекулы воздуха под действием электронной бомбардировки светятся. Внутренняя “дырка бублика” не видна, так как

чрезвычайно мала и окружена светящейся массой ионизированного воздуха». Григорьев [29]: «При встрече с ШМ очевидцы, исходя из повседневного житейского опыта, ожидают от нее интенсивного теплового излучения: раз тело светится, значит, оно имеет высокую температуру и должно быть горячим. Это априорное суждение подтверждается и сообщениями о пожарах по вине ШМ. Но в ситуации с ШМ их ожидания, как правило, не оправдываются: тепловое излучение от ШМ весьма невелико. Даже среди очевидцев, видевших ШМ с расстояния меньше метра (а таких примерно 35%), о наличии теплового потока от ШМ сообщают только 1,5% от их общего числа. Пожары же и ожоги людей по вине ШМ происходят при взрывах ШМ. Качественно похожие данные по этому вопросу получены Рейли и Стахановым. Этот, странный на первый взгляд, результат можно согласовать со здравым смыслом людей, не связанных с физикой, если вспомнить лампы дневного света, которые хотя и излучают свет, но сами нагреваются слабо, и тепловой поток от них невелик. ... Более интересным и экзотическим свойством ШМ является ее способность излучать электромагнитные волны в микроволновом и радиоволновом диапазонах. О такой способности ШМ упоминалось в монографии В. Бранда, писали о ней и авторы более поздних обзоров. Это свойство ШМ интересно тем, что позволяет сделать определенные выводы о её строении, а именно излучать электромагнитные волны могут только ускоренно движущиеся электрические заряды. Зная длины излучаемых волн, геометрические размеры излучателя (не превышающие в нашем случае размеров ШМ), можно получить информацию об особенностях движения и величинах движущихся в ШМ электрических зарядов. ... К сожалению, количество описаний, где радиоволновое излучение ШМ непосредственно улавливалось бы работающим радиоприемником, мало. И с достоверностью утверждать, что ШМ излучает электромагнитные волны в радиодиапазоне, пока нельзя. Несколько лучше обстоит дело с изучением наличия у ШМ микроволнового излучения, точнее говоря, в нашем распоряжении находится больше подобных фактов. ...Свечение невключенных электрических лампочек при приближении ШМ свидетельствует о наличии у ШМ интенсивного микроволнового излучения, способного вызвать в нити накаливания лампочки появление столь большой индуцированной электродвижущей силы, что возникающий в итоге ток может раскалить нить лампочки».

Капица [39]: «Высказанные гипотезы о природе ШМ неприемлемы, так как они противоречат закону сохранения энергии. Это происходит потому, что свечение шаровой молнии обычно относят за счет энергии, выделяемой при каком-либо молекулярном или химическом превращении, и таким образом предполагают, что источник энергии, за счет которого светится ШМ, находится в ней самой».

Вот здесь, Петр Леонидович, Вы заблуждались. Вокруг нас в воздухе в свободном состоянии могут существовать не только атомы, молекулы и

ионы. Есть ещё маленькие электроны, которые тратят свою кинетическую энергию не только на нагрев окружающей среды. Основная часть их энергетических потерь, как утверждается в учебнике Мурзиной, приходится на тормозное излучение и ионизацию.

Мурзина [52]: «Тормозное излучение – это электромагнитное излучение заряженной частицей, возникающее в результате ее торможения (изменения скорости) при взаимодействии с электростатическим полем атомного ядра и атомных электронов. В электродинамике доказывается, что заряженная частица, движущаяся с ускорением, обязательно излучает электромагнитные волны. Аналогичное излучение возникает при движении электронов в однородном магнитном поле. Впервые такое излучение наблюдалось в синхротроне, и поэтому получило название синхротронное излучение. ...В случае же возникновения излучения при кулоновском взаимодействии заряженных частиц с ядрами и электронами среды оно называется тормозным излучением и приводит к радиационным потерям энергии заряженной частицей. Основные закономерности тормозного излучения можно понять на основе классической электродинамики... излучаемая энергия будет описываться выражением: $|dE/dt| = (2e^6 z^2 Z^2) / (3c^3 M^2 b^4)$. Из этого соотношения можно сделать два важных для нас заключения.

- 1. Потери энергии на излучение обратно пропорциональны квадрату массы частицы. Это приводит к тому, что тяжелые частицы излучают значительно меньшую энергию, чем легкие. Например, мюон ($207m_e$) излучает энергию в ~ 40000 раз меньшую, чем электрон, а протон ($1836m_e$) – в $3,4 \cdot 10^6$ раз меньше электрона. Поэтому радиационные потери энергии наибольшее значение имеют для легчайших заряженных частиц – электронов.
- 2. Излучаемая энергия прямо пропорциональна квадрату заряда рассеивающего центра, т.е. наиболее существенны радиационные потери в тяжелых веществах, например, в свинце. Поэтому в экспериментах с космическими лучами, где мы часто имеем дело с релятивистскими электронами и со свинцом в качестве фильтра, тормозное излучение играет очень существенную роль и его обязательно надо учитывать.

...Вероятность излучения на одной радиационной единице длины во всех веществах будет одинакова $W_e(E, E') dE' = (1/(t_0 \cdot E')) dE'$. Из формулы Бете-Гайтлера для случая полного экранирования следует:

- ✓ 1. Энергетический спектр тормозных фотонов, т.е. распределение излученных фотонов по энергиям, во-первых, является сплошным, а во-вторых, $W_e(E, E') dE' \sim 1/E'$ – имеет вид гиперболы, т.е. на единице пути излучается либо много фотонов малой энергии, либо мало фотонов большой энергии.
- ✓ Полная излучаемая электроном энергия $|-dE/dx|_{\text{рад}} = E/t_0$ на единице пути пропорциональна энергии электрона E .

- ✓ Относительная потеря энергии $(-1/E) \cdot (dE/dx)_{\text{рад}} = 1/t_0$ постоянна для данного вещества и не зависит от энергии излучающего электрона.
- ✓ Закон убывания энергии электрона за счет тормозного излучения:
 $E = E_0 \exp(-x/t_0)$. Это соотношение помогает раскрыть смысл радиационной единицы длины t_0 : при прохождении слоя вещества в одну t_0 -единицу ($x=t_0$) энергия электрона в среднем за счет тормозного излучения уменьшается в e раз.

...Энергия излучения почти с равной вероятностью распределяется между фотонами с большой и малой энергиями, т.е. энергия, передаваемая на единице пути фотонам с энергией в интервале от 0 до $0,5 E$, почти равна энергии, передаваемой фотонам в интервале от $0,5 E$ до E . В первом случае возникает большое число малоэнергичных фотонов, а во втором – всего один-два фотона высокой энергии. Следствие этого – большой разброс электронов по энергиям после первого же акта торможения их в веществе, т.е. электрон может передать значительную часть своей энергии фотону и сразу затормозиться. В этом ярко проявляется различие между ионизационными потерями и потерями энергии на тормозное излучение. Энергия, расходуемая на ионизацию, передается атомным электронам, как правило, малыми порциями, и быстро растрачивается на тепловое движение атомов вещества, т.е. происходит нагрев вещества. Энергия в этом случае теряется безвозвратно.

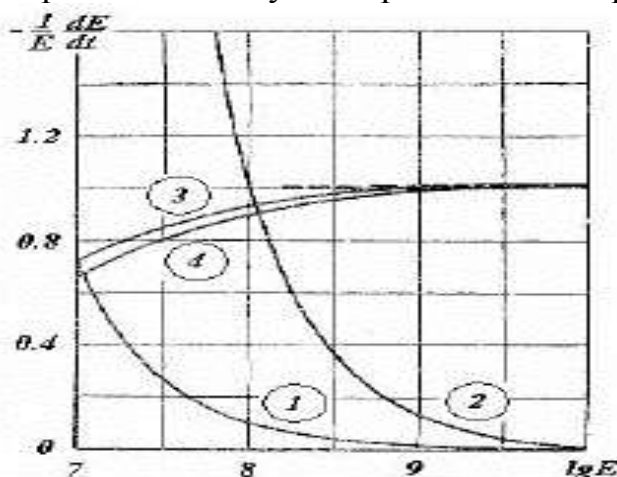


Рисунок 44. Относительные потери энергии электрона на одной t_0 -единице пути на ионизацию (1-свинец, 2-воздух) и на излучение (3-свинец, 4-воздух)

При тормозном излучении фотон имеет большую вероятность унести энергию, сравнимую с энергией электрона. В этом случае энергия электрона как бы "перекачивается" к фотонам, а не теряется безвозвратно. ...Энергия электронов, при которой потери на излучение становятся равными потерям на ионизацию, называется критической энергией ε . Она разная для разных веществ (для воздуха $\varepsilon=81\text{МэВ}$)».

10. Физические причины разнообразия цвета ШМ

Телетов [70]: «По окраске и яркости она бывает ослепительно-белой, голубоватой, зеленоватой; более часто — желтоватой, оранжевой, красной и тускло-красной. ‘Старея’, она может эволюционировать от ослепительно-белой к красной с уменьшением своей яркости». Подобные изменения цвета ШМ можно объяснить постепенным уменьшением средней скорости электронов в результате тормозных потерь (потерь от кулоновского трения об слои окружающего воздуха). При этом уменьшается максимальная частота и увеличивается минимальная длина волны непрерывного спектра тормозного излучения. Соответственно смещается пик интенсивности излучения в непрерывном спектре.

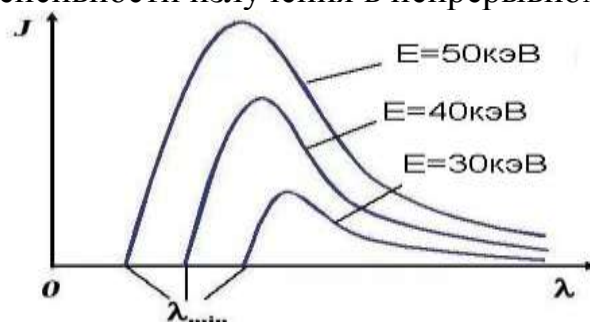


Рисунок 45. Экспериментальные зависимости спектра тормозного излучения

Из анализа спектров следует, что чем больше энергия электронов, тем больше амплитуда пика интенсивности и тем меньше длина волны пика интенсивности. Если пик интенсивности тормозного излучения находится области рентгеновских и гамма квантов, то ШМ в это время невидима. Бутусов [17]: «детектор для измерения радиации не показал ничего, хотя находился в 2 м от шара около 6 с. Счетчик гамма-лучей показал уровень радиации 1,2 мР/ч, что на два порядка превышает фоновый уровень радиации (!)». Если пик интенсивности смещается в область ультрафиолета, то вокруг ШМ начнёт наблюдаться голубой ореол — результат поглощения ультрафиолета окружающим воздухом. Когда пик интенсивности тормозного излучения попадает в видимый свет, начинает ярко светиться ядро ШМ. Его цвет должен постепенно изменяться, как цвета радуги. Сначала цвет ярко белый (Григорьев [29]-11% наблюдателей), фиолетовый (6% наблюдателей) и синий (6%). Затем он может измениться на зелёный (2,4%), жёлтый (16%) и оранжевый (13%). В конце видимой жизни цвет ШМ розовый (9%) и тускло-красный (13%). При смещении граничной частоты непрерывного тормозного излучения в инфракрасную область ШМ либо станет серой, чёрной, либо опять станет невидимой (как за пределами фиолетовой части спектра). Таким образом, можно сделать заключение, что цвет ШМ зависит от скорости вращения. При замедлении скорости вращения пик интенсивности и граничная частота тормозного спектра излучения постепенно двигаются со стороны ультрафиолетовой области в сторону инфракрасной области.

11. Особенности прохождения ШМ через диэлектрик

Так как ШМ состоит из электронов, то пройти сквозь проводник она не способна – электроны мгновенно самопроизвольно распространяются по всему проводнику. С диэлектриком ситуация совершенно другая. Можно выделить несколько вариантов прохождения ШМ через диэлектрик.

Вариант первый. По законам гидродинамики вихрь способен проникать через узкие отверстия и щели. Если они существуют в диэлектрике, то в первую очередь ШМ проникает через них. Наблюдатель Федорович [29]: «Шар перекатился в другую комнату, и продолжил движение в сторону окна на противоположной стороне, и выполз, протиснувшись в щель треснувшего стекла шириной 1-2 миллиметра на улицу. Шар прошел в 20-30 сантиметрах над моей головой. Тепла он не излучал. На стенах следов не осталось». Кирилук [29]: «на окне, где-то на стекле, появляется что-то вроде мыльного пузыря, размером примерно в половину мужской ладони. Помнится, пузырь этот был не совсем шаром, а чуть-чуть вытянут. Проникнув в помещение, он на мгновение "заколебался", как мыльный пузырь перед тем, как оторваться от трубочки. Затем он от окна пролетел по кухне мимо нас... Мы с сестрой побежали с улицы осматривать окно. Была в том месте небольшая щель между стеклом и рамой, но такая узкая, что комару не пролезть. Никакого следа от ожога или чего-либо подобного на раме не было».

Вариант второй. Если силы инерции намного больше кулоновских сил (большая скорость электронов ШМ), то кулоновскими силами можно пренебречь, так как они не способны изменить направление движения электронов. Такая ШМ способна свободно проходить через диэлектрик (стекло, дерево и пр.), не оставляя никаких следов. В этом случае электроны свободно пролетают через пустое пространство атомов, лишь очень редко сталкиваясь с их ядрами (ядра на пять порядков меньше). Доронин [29]: «через оконное стекло медленно прошел сверкающий шарик диаметром 4-5 сантиметров. Проходя сквозь стекло, он своей формы не менял и прошел так, словно стекла не было совсем. Ударившись о металлический шар, украшавший спинку кровати, упруго отскочил в сторону окна и так же медленно удалился через стекло. При столкновении шарика с кроватью раздался мелодичный звук, напоминающий звучание камертона. Все это длилось секунд 5-7. В стекле, через которое дважды прошел шарик, следов не осталось». Орехова [29]: «Подлетев к окну, шар, не замедляя своего движения и не меняя формы, прошел сквозь стекло, словно стекла совсем и не было. В стекле никакого отверстия я потом не обнаружила». Шачнева [29]: «через оконное стекло летит огненный шар диаметром 8-10 сантиметров. Проходя сквозь окно, шар не изменялся. Он летел прямо на нас и лопнул между мной и сыном. Звук при этом был, как при выстреле из воздушного ружья. Мы с сыном остались невредимы. В оконном стекле отверстия я не обнаружила».

Вариант третий. Если силы инерции становятся заметны на фоне кулоновских сил (на два порядка меньше, например), то направления движения электронов ШМ начнут немного изменяться под действием кулоновских сил атомных ядер. Уменьшается упорядоченность, увеличивается хаотичность движения электронов ШМ и, соответственно, увеличиваются колебания атомов диэлектрика – диэлектрик начинает нагреваться. Трещеткина [29]: «через стекло влетел шарик... Оно оказалось целым, но с наружной стороны на нем остался сухой круг, хотя все остальное стекло было мокрым от сильного дождя».

Вариант четвёртый. Если силы инерции уменьшаются ещё (всего на порядок больше кулоновских сил), то хаотичность движения электронов увеличивается ещё больше. Возрастает количество столкновений с ядрами диэлектрика (и прямых и кулоновских), следовательно, нагревание диэлектрика становится существенным. От неравномерного нагревания в оконном стекле возникают кольцевые трещины. После прохождения ШМ стекло быстро остывает, трещина расширяется и из стекла выпадает диск, оставляя в окне отверстие с острыми краями. Калиниченко [29]: «Раздался звук, похожий на свист от пули или щелчок, и молния оказалась снаружи. Ее подхватил порыв ветра, она поднялась вверх и исчезла из вида. В стекле осталось отверстие, в которое едва можно просунуть указательный палец. Края отверстия были острые, не оплавленные, форма же отверстия слегка овальная». Сидоров [29]: «вскрикнула от испуга, увидев, как сквозь стекло стремительно влетела светящаяся змейка и растеклась по полу яркой лужицей, тут же исчезнувшей. Из стекла балконной двери трехмиллиметровой толщины выбило при этом стеклянную бляшку в виде усеченного конуса с меньшим основанием приблизительно 2 мм (входное отверстие) и большим основанием 6 мм (выходное отверстие)».

Вариант пятый. Если силы инерции с кулоновскими силами соизмеримы, то в диэлектрике упорядоченное движение электронов ШМ превращается в хаотическое. Происходит мгновенное нагревание диэлектрика и ионизация его молекул. Положительные ионы отталкиваются друг от друга и испаряются, оставляя отверстие с расплавленными краями в месте контакта. Чураева [29]: «золотая стрелка выскочила из печки, пролетела мимо него и ушла в стену. В стене от стрелы осталась дырочка, словно каленым гвоздем просверленная». Аристова [29]: «В оконном стекле осталась дырка с блюдце величиной, края ее немного почернели». Власова [29]: «Затем шар направился вдоль комнаты к окну с той же небольшой скоростью. На моих глазах без шума или треска, совершенно беззвучно пролетел сквозь стекло на улицу и там поплыл дальше тем же шаром, каким был раньше. Я видела, как он через стекло ушел, но не заметила, чтобы он уменьшался или вытягивался, когда проходил через стекло. А между тем в стекле оказалась небольшая дырка, размером много меньше диаметра шара. Дырка с запекшимися, оплавленными на полсантиметра краями была размером с трехкопеечную монету».

12. Физические основы энергетики ШМ

Барри [13]: «Значительный интерес для исследователей, изучающих свойства и пути образования шаровой молнии, представляет вопрос о её энергосодержании и плотности энергии. Знание величины энергии шаровой молнии необходимо также для теоретического описания самого явления и анализа механизмов ее образования и существования. Любая модель шаровой молнии должна включать такой источник энергии, который обеспечивал бы поддержание наблюдаемых характеристик этого явления». Конечно же, прежде всего всех интересуют максимально возможные энергозапасы ШМ. Скорее всего, особо энергичные ШМ формируются из отрезков линейной молнии. Сингер [67]: «Когда канал уже сформировался, следует мощный главный разряд, при котором на малую долю секунды возникает ток, достигающий 100 000 А при разности потенциалов между облаком и землей в миллиард вольт. Этот разряд порождает яркую вспышку, которую мы и видим как молнию. Разность потенциалов между грозовым облаком и землей может достигать 10^9 В, а градиент электрического поля, при ясной погоде равный 100—400 В/м (над океаном меньше, над однородными плоскими пространствами суши больше), во время грозы возрастает до многих киловольт на метр. ...Средний ток в импульсе молнии составляет примерно 10000А, а максимальная наблюдавшаяся сила тока превышает 100000А. Полный перенесенный заряд оценивается величинами от 0,02 до более 100 Кл. Принятой средней величиной является 20 Кл. В соответствии с этими цифрами мощность, выделяющаяся в канале молнии, может достигать 10^{12} Вт, а соответствующая энергия — 10^9 Дж. Когда лидер заканчивает формирование канала, от земли вверх со скоростью до 10^{10} см/с внезапно устремляется мощный импульс тока, создающий яркую световую вспышку, которую мы и видим... Согласно оценкам, полученным для максимальных условий, в канале разряда содержится примерно $4 \cdot 10^{18}$ электронов на 1 см^3 (примерно 0,81 электрона на каждую частицу воздуха другого вида - нейтральную или ион), а давление в канале разряда, создаваемое только электронами, составляет 14 атм.».

Попробуем использовать предоставленные выше данные для расчёта запасённой энергии в ШМ, сформированной из куса линейной молнии сечением 1 см^2 , длиной 100 см, с плотностью $4 \cdot 10^{18}$ электронов на 1 см^3 , движущихся со скоростью 10^8 м/с. Запасённая энергия равна сумме кинетических энергий всех электронов.

$E_e = mv^2/2 = (9,1 \cdot 10^{-31}) \cdot (5 \cdot 10^{15}) \approx 5 \cdot 10^{-15}$ (Дж) – энергия одного электрона.

$K = 100 \cdot 4 \cdot 10^{18} = 4 \cdot 10^{20}$ - количество электронов в куске молнии 100 см.

$E_{\text{ШМ}} = K \cdot E_e = (4 \cdot 10^{20}) \cdot (5 \cdot 10^{-15}) = 2 \text{ МДж}$ – максимальная энергия ШМ, которой хватит на испарение ведра воды и на обугливание трупа.

$E = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд одного электрона.

$Q = (4 \cdot 10^{20}) \cdot (1,6 \cdot 10^{-19}) = 64 \text{ Кл}$ – максимальный заряд такой ШМ.

При разряде в течение 1с ток разряда достигнет 64 А ($I = Q/t$) !!!

13. Внутреннее строение и форма ШМ

Свернутый в вихрь сплошной электронный пучок может превратиться по законам Ампера либо в вихревой диск, либо в замкнутую полую тороидальную трубку. Рассмотрим сечение вихря любой плоскостью, проходящей через ось симметрии. В общем случае получим два токовых овала. В каждом овале симметричные относительно центра микротоки противоположно направлены. Значит, по закону Ампера они должны отталкиваться друг от друга. Отталкивание тем сильнее, чем противонаправленные микротоки ближе друг к другу. В результате отталкивания микротоки выталкиваются изнутри наружу - токовый овал превращается в токовый эллипс. А на поверхности тора параллельные микротоки, наоборот, плотно притягиваются друг к другу, надежно защищая внутреннюю полость от проникновения атомов и ионов. Леонов [44]: «По Майснеру, шаровая молния есть клубок раскалённого газа, приведённого во вращательное движение. Вихрь является своеобразным гироскопом, устойчивость его движения обеспечивается равновесием сил внешнего давления на шар и центробежных сил быстрого вращения. Устойчивость такого вихря непродолжительна и прекращается, как только во внутренние его слои попадает воздух извне». Парфёнов [58]: «...из внутренней полости выкачивается воздух. Это явление хорошо известно... Атмосферное давление стремится сжать оболочку, а электромагнитные силы препятствуют давлению. При определенных размерах система приходит в равновесие».

Вероятно, существует несколько модификаций ШМ. В 91% случаев наблюдатели видели ШМ в форме шара (Григорьев [29]). Ядром такой ШМ является электронный сферический вихрь Хилла. В результате энергичного вращения электронов окружающие слои воздуха тоже увлекаются во вращение, ионизируются и образуют вокруг электронного ядра ионную оболочку в виде увеличенной копии ядра. В самой внешней шарообразной оболочке вращение уже сводится на нет. Здесь происходит лишь поглощение ультрафиолета и рекомбинация ионов. Чекунов [29]: «Светящийся красным светом шарик диаметром 5-6 см проплыл между мной и братом». Левин [29]: «вдруг заметил на полу фюзеляжа самолета красный (как бы раскаленный) шарик диаметром 3-4 см».

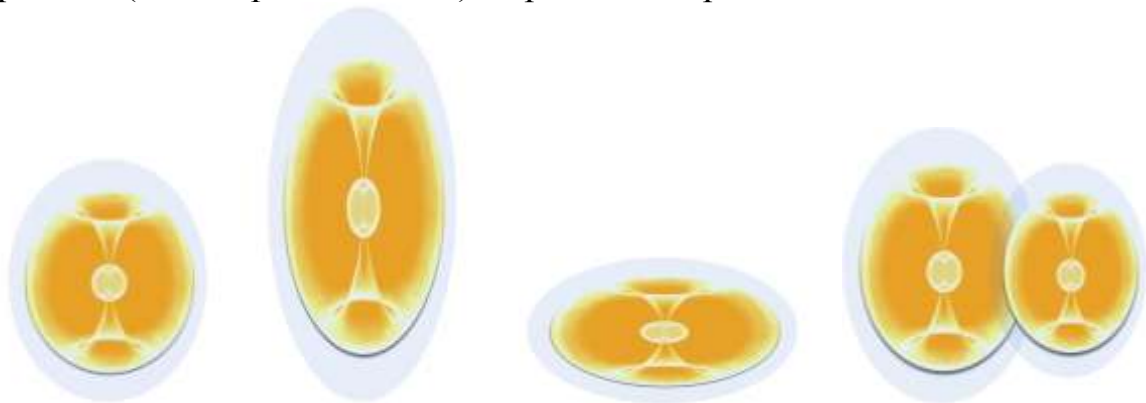


Рисунок 46. Шарообразная, вытянутая, сплюснутая и грушевидная формы ШМ

До 2,7% наблюдателей видели ШМ в форме сфероида или овала. В гидродинамике сфероиды подразделяются на три типа: нормальные шарообразные, сплюснутые и вытянутые. Степень отклонения от шарообразной формы является следствием разного соотношения скоростей тороидального и кольцевого вращения. Если скорости одинаковые, то форма электронного ядра шарообразная. Если скорости разные, то форма электронного ядра сплюснутая или вытянутая. Жиляев [29]: «из проема показался плывущий огненный шар 12 – 15 сантиметров в диаметре. Это был огненный сгусток, вытянутый несколько по линии полета». Якунина [29]: «Вдруг раздался сильный взрыв. Мама в этот момент выходила из соседней комнаты. Стена сильно раздалась, и в эту щель как будто пролезла огненная змейка длиной около 40 – 50 сантиметров. Она полетела над головами гостей, над столом, приняв форму огненной тарелки, немного яйцеобразную и такого же диаметра». Одарайская [29]: «образовался четко очерченный огненно-желтый шар, немного вытянутый в длину, диаметром 25-30 сантиметров». Вакуленко [29]: «быстро выскочил сильно вытянутый голубой сфероид. Он был около восьми сантиметров в длину и около двух сантиметров в ширину».

Примерно 0,4% наблюдателей говорили о грушевидной форме ШМ. Такое может произойти, если две ШМ разных размеров слиплись либо экваторами, либо полюсами. Булгакова [29]: «Вдруг от каждой молнии, которые стали раздваиваться, "выдулся" огромный шар грушевидной формы величиной с небольшое ведро. Они соединились, и, казалось, огромная электрическая лампочка повисла в воздухе».

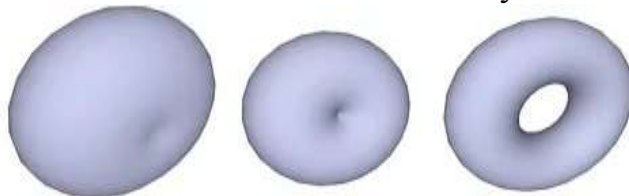


Рисунок 47. Формирование кольцевой ШМ из сферообразной

Около 0,5% наблюдателей заявляли, что ШМ имеет кольцеобразную форму. Вихрь Хилла может превращаться в вихревое кольцо при колебательных процессах с большой амплитудой колебаний в момент нарушения баланса сил. Тогда внутреннее отверстие может расшириться вплоть до достижения нового баланса сил в форме вихревого кольца.

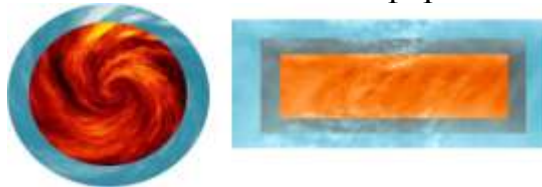


Рисунок 48. Дисквидная и цилиндрическая формы ШМ

При потере электронным ядром тороидального вращения возможно две различные модификации ШМ. Если диаметр больше высоты вихря вдоль оси симметрии, то возможно формирование ШМ в виде плоского диска, что подтверждают 0,8% наблюдателей (такой вид имеет ШМ в модели академика Шилов). Если диаметр меньше высоты вихря вдоль оси

симметрии, то возможно формирование ШМ в виде цилиндра, что подтверждают 0,2% наблюдателей.



Рисунок 49. Миниатюрная ШМ с длинным тонким шлейфом

Часто наблюдается длинный шлейф из потерянного вещества ШМ и плазмы, образованной этим веществом. Если потеря вещества ШМ происходит особо интенсивно, то наблюдается ШМ с бородой. Около 2,6% наблюдателей заявляли, что ШМ имеет ленточную форму. Это может быть либо сфероидная ШМ с толстым шлейфом, либо очень длинный цилиндрический электронный вихрь. Машнин [29]: «через стекло пролетела тонкая желто-белая молния-ниточка. Скользя мимо меня к русской печке, она ударилась о кирпич и превратилась в шарик диаметром около десяти сантиметров. Шарик медленно поплыл вдоль печки. Неожиданно раздался треск, и шар снова превратился в желтую нить».

Около 1,4% наблюдателей заявляли, что ШФ имеет бесформенный вид. Возможно, эти наблюдения происходили в момент сильных механических колебаний ШМ, когда с разных сторон ШМ появляются и пропадают выступы, бугры. Возможно, наблюдалась “игра колец” двух ШМ. Возможно, наблюдался переход ШМ из вихревого состояния в турбулентное состояние в конце её жизни.



Рисунок 50. ШМ в реальном видео вытянулась во время механических колебаний

По законам гидродинамики вихревое кольцо может превращаться либо в вихревой диск, либо в цилиндрический вихрь. В особых условиях толстый вихревой цилиндр может превратиться в вихревую воронку в виде конуса. Наблюдатель Миронова [29]: «шар медленно, со скоростью мыльного пузыря в воздухе, начал продвигаться к стене, перестраивая свою форму на коническую, острый конец которой был направлен в сторону электросети. Когда до розетки осталось около метра, из вершин конуса образовались два сплошных "шнура", которые с шумом "ушли" в отверстия розетки, словно кто-то резко потянув, втянул в розетку весь клубок».

14. Способы формирования ШМ

Григорьев [29]: «Среди 5315 ранее неизвестных описаний ШМ, собранных в нашем "Центре по сбору и обработке информации о наблюдениях ШМ" при Ярославском госуниверситете, в 1138 случаях очевидцы видели таинство рождения ШМ. В таблице представлены вероятности, с которыми встречаются различные варианты происхождения ШМ:

65,6% - на металлическом проводнике;

8,35% - в канале разряда линейной молнии;

8,17% - в месте удара линейной молнии;

4,30% - в облаках. Даже не вдаваясь в детали различных условий образования ШМ, из таблицы легко видеть, что простую и очевидную связь между условиями возникновения ШМ и веществом, из которого она состоит, скорее всего, найти не удастся».

Никогда не говори «никогда». Очевидная связь лежит на поверхности, только нужно помочь Вию поднять веки – основными составляющими электрического тока и электрического разряда являются электроны.

Барри [13]: «я считаю, что термин «шаровая молния» использовался для описания не одного, а нескольких явлений, имеющих сходные внешние черты, но характеризующихся существенно различными физическими процессами и механизмами образования». Анализируя разного рода источники, можно прийти к выводу, что существует несколько способов формирования ШМ. Вероятно, в зависимости от способов образования, существует несколько типов ШМ с различными свойствами (могут отличаться формой, размером, объёмом запасённой энергии, цветом).

Первый способ формирования – симметричное фонтанное сворачивание электронной струи, при её переходе из металла в воздух, в электронное вихревое кольцо типа сферический вихрь Хилла.

Григорьев [29]: «Сидорова – “В это время сверкнула страшная молния и из розетки от радио вылетели два огненных шара, светившихся, как яркие электрические лампочки, размером 8 см каждый”. ...Мухин – “я увидел, как из радиорозетки льется на пол какая-то светящаяся масса. Я ничего не успел сказать, но сообразил, что это ШМ”. ...Гросберг – “Вдруг в центре репродуктора появилась светящаяся точка, она увеличивалась, потом яркость ее ослабела, и из репродуктора поползли клубы грязно-лилового цвета. Клубы сформировались в четкое очертание шара объемом примерно половины (или чуть больше) футбольного мяча”. ...Булгакова – “Провода были внутри штукатурки, но изоляция тогда была тканевая. Потолок был мокрым не сплошь, а сухие участки чередовались с влажными. Когда мы открыли двери класса, то увидели сотни шаровых молний голубого, лазоревого, зеленоватого цветов, желтых и оранжевых шариков было меньше. Они выскакивали из проводки и мокрых участков потолка. Одни шарики двигались навстречу друг другу, другие в противоположные стороны. Некоторые, сталкиваясь, образовывали из двух один большой, а некоторые отталкивались и раскатывались в разные стороны. Все это напоминало большой муравейник. На месте стыка

проводов у угловых лампочек висели гирлянды шариков разных цветов, большие были оранжевые и красные. Когда шарики двигались, был слышен слабый треск отовсюду, где они были. Слабо пахло озоном”.

...можно представить себе умозрительную модель событий, приводящих к образованию ШМ на проводнике. Это может произойти при резком повышении потенциала проводника, когда волна перенапряжения, возникшая в нем (например, при близком разряде линейной молнии) доходит до конца протяженного проводника: розетки, телефона, репродуктора. При этом напряженность электрического поля в окрестности торца проводника резко увеличивается до величины, превышающей пробивную напряженность (≈ 30 кВ/см). Отметим еще, что амплитудное значение электрического потенциала в волне перенапряжения достигает величины порядка миллиона вольт. При таком значении потенциала величина плотности автоэлектронного тока с торца проводника может быть весьма значительной. Но каким образом интенсивный поток электронов с торца проводника, поддерживаемого при весьма высоком потенциале, может привести к формированию ШМ, сказать сложно».

Да не так уж и сложно, если знать законы гидродинамики, если допустить, что автоэлектронный ток с торца проводника в воздухе подчиняется этим законам. Вихревые кольца не способны образоваться в условиях вакуума. Это доказано в экспериментах Малюшевского [92,89], где пускали жидкую струю в колбу с откаченным воздухом. Причина фонтанного сворачивания струи в вихрь заключается в наличии сопротивления воздуха. С одной стороны, на головную часть струи осуществляется давление последующих частей струи. С другой стороны, головная часть струи тормозится слоями встречного воздуха. Головной части некуда деваться и она вынуждена растекаться фонтаном во все стороны. Ну а дальше начинает работать закон сохранения момента вращения. Подобный способ формирования ШМ осуществляется тогда, когда возникают условия, аналогичные лабораторным условиям формирования вихревых колец. В лабораторных опытах, через небольшое отверстие (диафрагму) пропускается под давлением окрашенный воздух (дым). Форма диафрагмы не имеет особого значения (сплошная, дырчатая, круглая, квадратная).

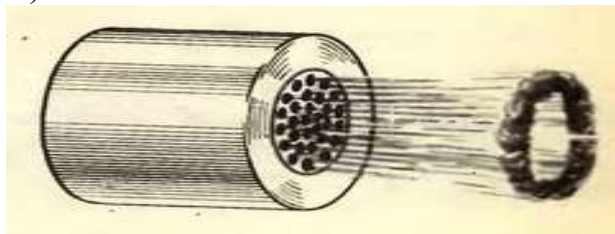


Рисунок 51. Формирование дымового кольца при решётчатой диафрагме

В результате формируется узконаправленная струя (пучок) дыма, которая после выхода из диафрагмы равномерно распыляется во все стороны (подобно струе воды, направленной вертикально вверх) и закручивается в

вихревое кольцо с преобладающим тороидальным вращением. Такие условия особо благоприятны для возникновения вихрей Хилла. Вероятно, именно таким способом формируются ШМ, возникающие из электрической розетки либо из каких-либо других металлических проводников. Причём, не имеет значения факт заземления проводников – в условиях высокой напряжённости внешнего электрического поля грозы ШМ выходят как из заземлённых, так и из незаземлённых проводников.

Непомнящий [54]: «Форма ШМ, судя по всему, не сферическая, а похожа на крендель или пончик с очень маленьким центральным отверстием. Свет шаровой молнии ослепляет, что делает трудноопределяемой оценку формы, тем более, когда “пончик” сжат с боков, а его “дырка-труба” сплющена. Тогда он действительно сильно смахивает на шар. Это и есть “плазмодид кольцеобразный вихревой”, в котором происходит подобие внутреннего вращательного движения. Оно и поддерживает его форму, сцепление и стабильность относительно продолжительное время. Это явление того же типа, что и кольца дыма, который могут выпускать ловкие курильщики, и который способен получить каждый, если напустит его в картонную коробку через дырку, а затем ее потрясет. Движение подобного кольца дыма зависит не от силы начального выдува курильщика, а от дальнейшего вращения этого выдува в воздухе. Представим себе вращение такой «замкнутой на самой себе трубы» и мы увидим, что внешняя часть ее имеет гораздо большую поверхность, чем внутренняя. В ШМ, медленно движущихся по причудливым траекториям, происходит нечто подобное. ...Во время бури искра, которая достигает самолета, пробивает в нем микродырочку и образует ШМ в фюзеляже, точно так же, как кольца дыма, которые вырываются из пор в коробке».

Второй способ формирования – фонтанное сворачивание электронной струи, при её переходе из воздуха в твёрдое вещество, в электронный сферический вихрь Хилла. Здесь направление движения электронной струи противоположно направлению движения в первом способе (там из твёрдого вещества в воздух). Но итог одинаковый – заворачивание электронной струи в электронное вихревое кольцо.

Леонов [44]: «Белоконь нарисовал ясную схему возникновения шаровой молнии из линейной при ударе в землю. ...возникшие при ударе волны большой интенсивности, отражаясь от препятствий, могут дать в результате сложных пересечений вихревое плазменное кольцо».

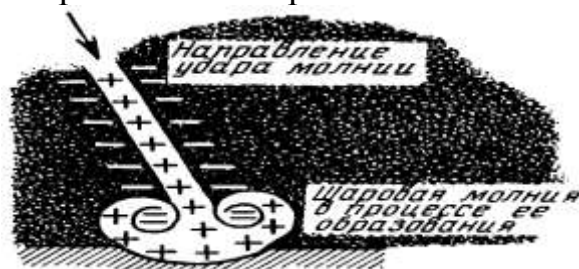


Рисунок 52. Схема образования ШМ по В.А.Белоконю

Ионин [37]: «Свою “жар-птицу” С.Колокольцев пытается поймать на границе контакта линейной молнии с землёй. Его модель ШМ базируется на той общей идее, что длительное и стабильное существование любого объекта, в том числе и ШМ, может быть обеспечено за счёт происходящих в нём самоподдерживающихся периодических (автоколебательных) процессов. Очевидцы появления ШМ иногда отмечают, как после удара в землю линейной молнии эта последняя “мгновенно сворачивается из ленты в шар”. Это значит, что ШМ может образоваться из линейной молнии на границе земля-воздух. Каким же образом? Во время разряда линейной молнии электроны перетекают по ней с облака на землю и рассеиваются в почве. Если скорость их растекания в земле меньше скорости подачи из канала молнии, то вследствие нарастания электростатического отталкивания в зоне контакта электронам будет выгоднее разбрызгиваться в воздухе, чем преодолевать высокий потенциальный барьер земли. Это разбрызгивание представляет собой коронный разряд в воздухе из ствола молнии. Можно считать, что электроны разлетаются с большими скоростями практически из одной точки. Они будут постепенно терять свою энергию в столкновениях с атомами и молекулами воздуха».

Григорьев [29]: «Пошевалов – “Вдруг рядом с нами, метрах в 20–25, молния ударила в скалу выше нас. Какие-то доли секунды молния была неподвижной, а затем стала собираться в комок на поверхности скалы. Создавалось впечатление, что кто-то собирает огневую рулетку, сматывая ее в бухту. В результате образовался шар размером чуть больше бильярдного”. ...Самолина – “молния попала в антенну. Она разбила оконную коробку, подоконник, мгновенно свернулась из ленты в шар диаметром 14 – 15 сантиметров (все это произошло на расстоянии 1,5 – 2 метров от меня) и медленно поплыла к двери в кухню”. ...Орлов – “Я одновременно увидел молнию и услышал треск грома. Она ударила со стороны пруда в траверсу (это не самая высокая часть опоры). В этом месте произошел небольшой взрыв и вылетели одновременно несколько шаров разного диаметра, от 10 до 15 сантиметров”. ...Бодрягина – “Во время грозы линейная молния ударила в дорожку и образовалось бесформенное пламя, которое затем превратилось в шар”».

Третий способ образования – изгибающее сворачивание электронной струи в дискообразный электронный вихрь типа тайфун, циклон. Он осуществляется тогда, когда возникают условия, аналогичные условиям возникновения водоворотов на изгибах и на неоднородностях русла реки. Академик Шило [86]: «По существу, это, несомненно, сгусток плазмы, имеющий электрическую (электронную) природу. Его появление легко понять, если иметь в виду неравномерное, импульсное движение лидера линейной молнии, который, учитывая его продвижение в электромагнитном поле, может закручиваться в спираль. Иначе говоря, ШМ - это плазменный вихрь. Как и для всякого вихря, для неё характерно ядро и отходящие от него спиральные ветви, или рукава. Если скорость

закручивания плазменного шнура молнии в шар определяется скоростью движения лидера линейной молнии, тогда она может достигать $10^7 - 10^8$ м/с. В результате развиваются такие центробежные силы, которые концентрируют в ядре, спрессованном до огромных плотностей, до 90-98% плазменной массы с соответствующей энергией, оставляя на образование ветвей спирали только от 10 до 2% вещества. ...Почти все, кому приходилось наблюдать ШМ, подтверждают ее катящееся (вращательное) передвижение по поверхности какого-либо предмета; в воздушном пространстве она также сохраняет вращение вокруг некоторой оси».



Рисунок 53. Иллюстрация автора к модели ШМ академика Шилов

Леонов [44]: «По иному, особенно в начальном периоде возникновения выглядит шаровая молния в гипотезе А. Майснера. Вихрь образуется между двумя противоположно направленными разрядами молнии».

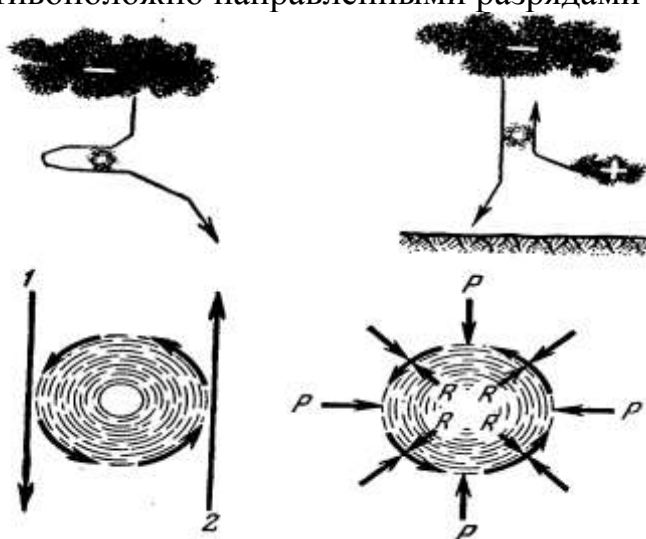


Рисунок 54. Возникновение ШМ по Майснеру

Бутусов [17]: «Многие авторы отмечают, что шаровые молнии возникают в местах резких изгибов линейной молнии. При этом отмечается, что в местах изгибов наблюдается более интенсивное свечение, длящееся в 10–100 раз дольше, чем в остальных местах линейной молнии. ...Имеются наблюдения возникновения шаровой молнии как в местах сближения отдельных участков линейной молнии, так и в местах их пересечений».

Григорьев [29]: «Шакова – “В этот день была сильная гроза и ливень. Вдруг сверкнула очень большая молния и из середины скрещивающихся молний (из разветвления) вылетел огненный шар, как мне показалось, сантиметров 50 – 60 в диаметре”».

Четвёртый способ образования – фонтанное сворачивание лидера или стримера линейной молнии в сферический электронный вихрь Хилла. Возможно, такой способ реализуется в тех случаях, когда внезапно скачкообразно потенциал приёмного электрода (земли или облака) становится более отрицательным, чем потенциал лидера (стримера). Тогда роль твёрдой поверхности начинает играть дистанционное кулоновское отталкивание земли, которое не позволяет головной части линейной молнии достичь поверхности земли и фонтанным способом разворачивает её в обратную сторону.



Рисунок 55. Возникновение ШМ на конце линейной молнии

Бутусов [17]: «Ряд авторов наблюдал возникновение шаровой молнии на конце линейной молнии». Григорьев [29]: «Наблюдатель Минин – “В этот момент перед нами за проводами линии произошел очередной многоярусный разряд молнии. Одна из ветвей разряда ударила по направлению к земле под углом примерно 45, но до земли не дошла (как, впрочем, и остальные). За проводами эта ветвь как бы закрутилась по касательной, и в течение долей секунды образовался шар”. Перфилова – “над головой сверкнула молния в виде двух извилистых линий, исходящих из одной точки в облаке. От одной из линий в 25 – 30 метрах от меня резко с шипением отлетел огненный колючий шарик диаметром около 8 сантиметров. Из того места, где отделился шарик, посыпались искры, присоединившиеся к шару. Он сначала как бы повис в воздухе в 20 сантиметрах от канала линейной молнии и в 50 сантиметрах от верхушек деревьев, росших в 70 метрах от дома. Затем стал медленно спускаться вниз и скрылся за этими деревьями”».

Пятый способ образования ШМ – формирование ленточной ШМ в месте удара линейной молнии. Возможно, такой способ реализуется в тех случаях, когда внезапно скачкообразно потенциал приёмного электрода становится более отрицательным, чем потенциал хвоста линейной молнии.



Рисунок 56. ШМ ленточной формы

С точки зрения гидродинамики ленточная форма ШМ обусловлена внутренним строением в виде очень длинного цилиндрического электронного вихря. Вполне возможно, что такое строение в готовом виде уже имеется у окончания линейной молнии. Если электронная струя линейной молнии подчиняется законам гидродинамики, то по аналогии с любой другой гидродинамической струей, она может закручиваться в спиралеобразную воронку. Ну а от воронки до цилиндрического вихря всего один шаг. Этот шаг может происходить в момент разряда линейной молнии, когда часть уже поглощённого заряда, не успевая растекаться по земле, начинает отталкивать остаток линейной молнии. Этот остаток отрывается от земли, модифицируется в цилиндрический вихрь и начинает автономное существование.



Рисунок 57. Спиралеобразная воронка в воде

Григорьев [29]: «как ни странно, чаще всего наблюдаются взаимопревращения ШМ из сферической формы в ленточную форму и обратно. ...Наблюдатель Киянец – “Вдруг со стороны окна летит горящая игла длиной около десяти сантиметров и около половины сантиметра в диаметре. Она пролетела в нескольких сантиметрах от моего уха через всю комнату, влетела в распахнутую дверь в кухню и там ударилась о закрытую дверь, ведущую в коридор. После удара она превратилась в шар диаметром 5 – 6 сантиметров”. ...Наблюдатель Лопатьева – “влетает огненная лента желто-красного как раскаленный огонь цвета. Прокатившись по полу через всю комнату длиной в восемь метров, лента собралась у дверного порожка высотой 1 – 2 сантиметра в шар размером с футбольный мяч”. ...Наблюдатель Машнин – “через стекло пролетела тонкая желто-белая молния ниточка. Скользя мимо меня к русской печке, она ударилась о кирпич и превратилась в шарик диаметром около десяти сантиметров. Шарик медленно поплыл вдоль печки. Неожиданно раздался треск, и шар снова превратился в желтую нить”. ...Наблюдатель Ходасевич – “Шар вытянулся в длинную ленту и, когда один конец ленты достиг форточки, вся лента мгновенно ушла через форточку на улицу, взметнувшись вверх”. ...Из сказанного следует, что ШМ вполне уверенно чувствует себя в ленточной форме, которую принимает при появлении необходимости пройти через узкое отверстие».

Шестой способ образования ШМ – отделение бусинки от канала четочной молнии и преобразование её в ШМ. Сотрудник Аризонского университета М. Юмен считает, что при определенных условиях в разряде между облаками и землей возникает нечто подобное так называемым стоячими волнам, хорошо известным в акустике и применяющимся в технике, например для выделения из дыма мелких твердых частиц.



Рисунок 58. Фото четочной молнии над лесом

Участки молнии, соответствующие узлам стоячих волн, светятся несравненно ярче, чем промежуточные участки и выглядят как чудовищные бусины. Как и линейная, четочная молния может разряжаться между облаками. Но в отличие от линейной молнии след четочной молнии не ветвится — это является отличительной особенностью этого вида. Капица [39]: «При интенсивных колебаниях вполне возможно, чтобы в ряде пучностей образовывались отдельные шаровые молнии, на расстоянии полудлины волны друг от друга. Такие цепочки из шаровых молний наблюдаются, они носят название “четочных” молний и даже были засняты». Парфёнов [58]: «В конце разряда линейной молнии, когда ток в канале падает до нуля, на некоторых участках центральной оси ток этот может сохраняться значительным. Одновременно на периферии канала может идти противоположный по направлению ток. В момент обрыва токи замыкаются между собой, а затем изолированный участок стягивается в шар, сохраняя весь запас магнитного поля. Когда перетяжек много, возникает несколько шаров. Если они еще и связаны общим осевым полем, получается четочная молния». Барри [13]: «общепринято, что четочная молния - это одна из форм атмосферного электричества. Так, например, специалист в области атмосферного электричества Гудлет признавал, что четочная молния-это широко известное явление. Согласно сообщениям, четочная молния обычно появляется между двумя тучами, образуя прерывистую линию светящихся пятен, которая остается в течение некоторого времени после появления обычной линейной молнии. Светящиеся пятна имеют такой же угловой размер, как и диаметр канала линейной молнии, и, по-видимому, обладают сферической формой». Веселов [19]: «...линейная молния представляет собой закрученный поток электронов и протонов, движущихся согласно закону Кулона, с ускорением навстречу друг другу. Примечание! Поток протонов ничтожен и может не приниматься во внимание, но он важен с той точки зрения, что он является причиной закручивания потоков зарядов в спираль. Подобно тому, как нисходящий поток воздуха способствует закручиванию

восходящего потока и образованию циклона или антициклона. В результате этого ускорения, сечение канала вблизи положительного полюса, уменьшается и он разрывается на самостоятельные участки (примерно так же как струя воды, вытекающая из крана при приближении к земле). ...А так как движение по эквипотенциальной траектории, это, по сути, аналог прямолинейного равномерного движения, при котором работа практически не совершается, то образовавшаяся крупная шаровая молния, подобно свободно вращающемуся маховику или волчку, может существовать некоторое время, перемещаясь потоками воздуха на небольшие расстояния. Исчерпав энергию на излучение, она тихо исчезнет, если не натолкнется на препятствие, при котором произойдёт разрушение кольцевого тока с образованием в воздухе области повышенной концентрации электрических зарядов, которые мгновенно вступив в реакцию самопроизвольного синтеза с молекулами окружающего воздуха, выделяют импульс мощности в виде взрыва. Мелкие же образования исчезают почти сразу, истратив энергию на излучение».

Григорьев [29]: «Наблюдатель Глазачев – “...вспыхивали молнии, и почти каждый раз вслед за ней возникали шарики величиной с детский мяч и мельче. Количество их определить было трудно, что-то около 50 – 100. Это явление мы наблюдали примерно в течение 7 – 10 минут. При одной из вспышек я заметил, что молния как бы ткнулась в вершину ели и тотчас рассыпалась на шарики, которые разлетелись в стороны”. ...Наблюдатель Тарасюк – “Казалось, что шарики возникали обязательно на малейшем изгибе канала молнии, а на прямолинейных участках просто располагались примерно на равных расстояниях. Это была не просто одна случайная молния. Я наблюдал долго, около 10 – 15 минут. Молния возникала примерно на 5 секунд, гасла и через 2 – 3 минуты вновь возникала на том же месте. Я наблюдал около десяти таких разрядов. Зарождалась молния с приглушенным, нерезким шуршанием (потрескиванием), звук был гораздо слабее обычного. Исчезала опять же с шуршанием, а когда гасли шары, возникал хлопающий звук. ...Всего в гирлянде зарождалось около 40 шаров, при каждой очередной вспышке количество и размер шаров были примерно одинаковыми”. ...Еськов – “От молнии стали отделяться шары разной величины и падать на дорогу. Начался проливной дождь, и видимость стала совсем плохой. Нам пришлось ехать со скоростью пешехода. Свет фар почти не пробивался сквозь пелену дождя. И подчас путь нам освещали шары, которые катились по дороге впереди нас”. Из описаний с очевидностью следует, что ШМ могут образовываться в канале разряда линейной молнии на стадии его распада через промежуточное состояние типа четочной молнии».

Седьмой способ образования ШМ – фонтанное сворачивание коронного разряда в электронное вихревое кольцо типа сферический вихрь Хилла. Сюда можно отнести случаи, когда “огни святого Эльма” перерождаются в ШМ. Здесь ситуация похожа на процесс испарения молекул жидкости. При высокой напряжённости электрического поля в

атмосфере с острых выступающих концов различных высоких предметов (как проводников, так и диэлектриков) испаряются наиболее энергичные электроны (термоэмиссия), подобно тому, как они вылетают с твёрдой поверхности при фотоэффекте. Вылетевшие с острия предмета в воздух электроны дополнительно ускоряются электрическим полем и становятся родоначальниками лавинообразного процесса ионизации молекул воздуха. Возникают электронные струи в форме метёлки. Метёлка очень похожа на фонтан, поэтому при резком уменьшении напряжённости электрического поля открыта прямая дорога для превращения метёлки в фонтан и образования ШМ путём фонтанного сворачивания. Если потенциал предмета положительнее потенциала противоположного электрода (облако или катод конденсатора в лабораторной установке), то все свободные электроны между электродами стремятся лететь в обратном направлении (в остриё выступающего над поверхностью земли предмета).



Рисунок 59. Коронный разряд в воздухе

Непомнящий [54]: «Самое удивительное в шаровых молниях - это их способность проникать, не теряя формы, в военные самолеты, чьи кабины состоят по большей части из кристаллических структур пластиков, объединенных металлическими «жилами», то есть при этом возникает «туннельный эффект». В негрозовое время такие явления в самолетах могут начинаться с «огней Святого Эльма», которые, при определенных условиях влажности, приобретают следующую форму: края под действием внутреннего давления, пытаясь избежать внешнего сжатия, сворачиваются, и получается подобие вихря. И именно из такого вихря состоит ядро ШМ, которая в данном случае вовсе не нуждается в грозе, как генераторе тока».

Восьмой способ образования ШМ – отделение вихря Тейлора от расслоившегося цилиндрического вихря. Такие условия возникают в торнадо и в смерчах - самых разрушительных цилиндрических вихрях на нашей планете. Воздух в стенках этих вихрей вращается со скоростью звука. А там, где высокие скорости, возможные самые разнообразные эффекты, в том числе и ионизация молекул воздуха. Часть процессов, происходящих в цилиндрическом вихре, аналогична процессам в промышленных центрифугах – под действием центробежных сил гидродинамическая среда расслаивается на слои. Принцип центрифуги - самые лёгкие частицы воздуха концентрируются в центре, а самые тяжёлые оттесняются на периферию цилиндрического вихря. На самые окраины должны оттесняться самые тяжёлые молекулы и ионы углекислого газа. Чуть ближе к центру должен быть слой аргона, затем

слои двухатомных молекул и ионов кислорода и азота. Следующие слои – пары воды, атомы и ионы неона, кислорода, азота. А какие частицы в стенках вихря наиболее лёгкие? Вы не поверите – это опять те самые электроны. То есть, внутри молекулярного торнадо может сформироваться электронный цилиндрический вихрь. Если длина такого вихря намного больше диаметра, то по гидродинамическим законам он может расслоиться на вихри Тейлора. В этом случае самые крайние вихри Тейлора начинают последовательно отделяться и превращаться в ШМ типа электронное вихревое кольцо с постепенно увеличивающимся диаметром.

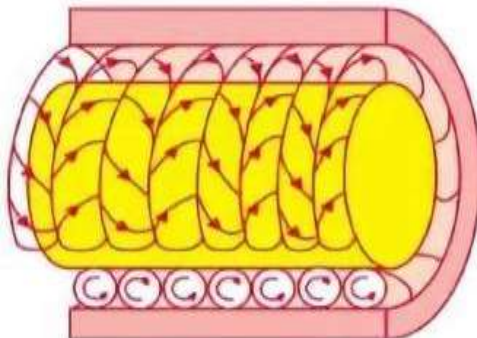


Рисунок 60. Вихри Тейлора, сформировавшиеся в цилиндрическом вихре

Непомнящий [54]: «Большая часть торнадо не светятся. Колонна или ствол, который спускается с облаков, может быть темным из-за увлеченных им промышленных отходов, но его черный, как у головешки, цвет, говорит о том, что происходит некое странное явление, в процессе которого поглощается весь свет снаружи. Однако во всех случаях существует внутренний свет, хотя чаще всего темный наружный слой мешает его видеть. Известно, что есть и светящиеся торнадо, и особенно это можно заметить в тех редких случаях, когда дело происходит ночью. Монтгомери; один из тех метеорологов, побывавших в торнадо «Черный Колодец» в Оклахоме 25 мая 1955 года, описывал плазмоиды в 120 м шириной, и располагавшиеся в 250 м над землей, ослепительные, как паяльная лампа, и головокружительно вертевшиеся. Внутренняя часть ствола смерча отрывалась от земли корнями, которые начинали вращаться и разбрасывать более мелкие шаровые молнии. Другой метеоролог, Р. Холл, который попал внутрь техасского торнадо 1948 года, видел колонну света, которая была отделена от прозрачных, темных стенок. Эта колонна образовывалась кольцами, которые, при опускании, обращались в шаровые молнии. Образование ШМ в нижней части торнадо, где они срываются со ствола, - явление, наблюдающееся многими, так как оно хорошо заметно снаружи. Измерения электрических и магнитных полей, зарегистрированных близ торнадо, показали высвобождение необъяснимо большого количества энергии, большего, чем при сильной буре, что подтверждается немедленным повышением температуры в их окрестностях на целых три градуса по Цельсию».

15. Способы гибели ШМ

Григорьев [29]: «Анализ закономерностей исчезновения ШМ, так же как и анализ условий ее зарождения, может дать новую информацию о природе вещества ШМ, о ее строении, о механизме поддержания устойчивости и т.п. В таблице приведены статистические данные для 5128 описаний ШМ, в которых сообщалось о том, как кончились наблюдения:

40,3% - ушла из поля зрения;

25,9% - самопроизвольный взрыв;

13,8% - тихо погасла;

7,80% - ушла в землю;

5,60% - ушла в проводник;

5,40% - рассыпалась на искры;

1,29% - спровоцированный взрыв».

Судя по наблюдениям, можно выделить несколько способов гибели ШМ.

Первый способ гибели ШМ – внезапное виртуальное исчезновение без предварительного изменения размеров. Возможно, подобное исчезновение ШМ связано с перемещением максимальной частоты непрерывного тормозного излучения за пределы видимого диапазона в инфракрасный диапазон. Соответственно, в этот момент ШМ физически ещё существует, только становится невидимой, словно накрывается шапкой-невидимкой. Наблюдатель Ленская [71]: «Шар, таким образом, сделался неоднородным и начал казаться сероватым. Затем он, не распадаясь на части и не падая, тихо, без звука исчез». Наблюдатель Дмитриев [71]: «цвет молнии стал из белого ярко-красным, после чего она погасла». Наблюдатель Наумов [71]: «Пройдя 30 м приблизительно за 30 с, ШМ спокойно исчезла». Инженер-технолог Ярош: «Упав на пол с высоты около 1 м, она начала двигаться медленными скачками, подпрыгивая на полу в сторону батареи отопления. Пройдя так около метра, она исчезла».

Второй способ гибели ШМ – внезапное физическое исчезновение после предварительного медленного увеличения размеров. Увеличение размеров связано с выполнением стандартного гидродинамического закона - при потере скорости вращения обычное вихревое кольцо всегда увеличивается в размерах. Электронное вихревое кольцо тоже должно расширяться до тех пор, пока не развеется в окружающей среде спокойно без всяких последствий, либо со взрывом и с искровым фейерверком.

Наблюдатель Лизунов [29]: «Шарик по мере продвижения увеличивался в размерах: стал сначала величиной с грецкий орех, затем походил на среднее яблоко и, наконец, – на крупное яблоко (6 – 7 сантиметров в диаметре). Теперь он был уже голубовато-светлым и продолжал медленно плыть к середине комнаты. Так прошло минуты полторы, шарик за это время переместился примерно на два метра. И вдруг шарик исчез так же внезапно, как и появился». Наблюдатель Калимуллин [29]: «Размер шара менялся со временем: как только он его увидел, диаметр шара был около 20 сантиметров, потом его диаметр увеличился до 30 – 35 сантиметров, и шар как бы растаял в воздухе».

Третий способ гибели ШМ – медленное угасание с уменьшением размеров. Для таких процессов необходимы следующие условия:

- ✓ Ядром ШМ является электронный сферический вихрь Хилла;
- ✓ ШМ свободно движется в пространстве, не сталкиваясь ни с чем;
- ✓ ШМ не испытывает каких либо внешних воздействий;
- ✓ В ШМ не возникает самопроизвольных колебательных процессов с увеличивающейся амплитудой колебаний.

С течением времени ШМ постепенно расстрачивает запасённую кинетическую энергию и постепенно теряет электроны из электронного ядра. Электронов в ядре становится всё меньше, и скорость вращения ядра становится всё меньше. Вихрь Хилла является особенным. У него стенки “дырки бублика” притянуты друг к другу и по гидродинамическим законам не могут отделиться (чем ближе друг к другу, тем больше сила притяжения). По этим причинам с течением времени вихрь Хилла не увеличивается, а уменьшается в размерах до полного исчезновения в микроскопических размерах. Механик Богданов [71]: «шар начал прыгать, падая на спинки коек и отскакивая затем вверх. При этом он заметно уменьшался в размерах, так что к концу движения его диаметр был не больше, чем у большого яблока». Стаханов [71]: «Ее диаметр уменьшился примерно вдвое, но она по-прежнему летела вслед за лентой. Через 5-6 с ШМ снова спустилась на конец ленты и снова подскочила вверх на 25—30 см. уменьшившись в диаметре до 2—3 см. Девушка снова вскрикнула, но продолжала бежать, не выпуская из рук ленты. Видеть, где находится шаровая молния, она не могла, потому что бежала, не оборачиваясь. Через секунду молния в последний раз опустилась на ленту и исчезла».

Четвёртый способ гибели ШМ – рассыпание на искры. Вероятно, такой процесс осуществляется в том случае, когда по каким-либо причинам ядром ШМ является электронный вихрь модели академика Шило (типа ураган, тайфун, циклон). В этом случае электронный вихрь расслаивается на бесчисленное множество ветвей. В каждой ветви под действием пинч-эффектов происходят процессы утончения струй. В тонких струях развиваются колебательные волновые процессы, благодаря которым струи рассыпаются на множество кусочков, соответствующих горбам волновых процессов. Электронные кусочки превращаются в искорки, наподобие тех, которые сыпятся с расчёстки при расчёсывании волос в полной темноте. Наблюдатель Жилиев [29]: «видел, как вылетел шар, как он летел и снижался. Сын показал место, где шар коснулся земли и рассыпался на огненные искры, которые тут же пропали». Наблюдатель Селезнёв [71]: «Пройдя примерно 45 м над дорогой за 15—20 с на высоте около 1 м, шаровая молния замедлила движение; задев за ветку дерева, она с треском рассыпалась на искры и исчезла». Наблюдатель Косенкова [71]: «шар, долетев до деревьев, окаймлявших село, запутался в кроне одного из них и рассыпался искрами, долетевшими до земли».

Пятый способ гибели ШМ – уход в землю или в проводник. Такое возможно в последние периоды жизни ШМ, когда она уже потеряла

большую часть момента вращения и может легко модернизироваться в линейный цилиндрический вихрь. Ну а дальше должно происходить нечто подобное воронке гидродинамической жидкости, втекающей в отверстие (проводник играет роль отверстия).

Врач Варсонофьев [71]: «Вслед за этим шаровая молния притянулась к батарее центрального отопления и исчезла с резким шипением, проплавив участок батареи в 3-4 мм». Наблюдатель Сидорова [29]: «Один из них улетел под печку на кухне. Другой полетел за мной на высоте бедра. Затем ушел в землю в незаделанное отверстие от стоявшей там раньше старой печки». Наблюдатель Голова [29]: «Не долетев до дороги, шары стали опускаться ниже к земле и на середине дороги ушли в землю. Шума и треска не было, следов на дороге не осталось»

Шестой способ гибели ШМ – безвзрывное деление на несколько ШМ меньших размеров. Причиной деления могут быть объёмные колебательные процессы в вихре с увеличивающейся амплитудой колебаний. При волновых процессах, возникающих во время колебаний, чередуются впадины и горбы. В определённый момент впадины достигают критического минимума. В это время энергия отталкивания горбов друг от друга становится больше энергии связи горбов. В результате чего все горбы обособляются и превращаются в автономные вихри. Жилиев [29]: «Это был огненный сгусток, вытянутый несколько по линии полета. Внешняя поверхность шара была непостоянной: на ней образовывались то впадины, то выступы. Шар как бы внутри кипел». Смирнов [68]: «Один из этих шаров подразделился на несколько мелких, которые, прежде чем исчезли, сделали несколько прыжков, подобно упругим мячам из резины».

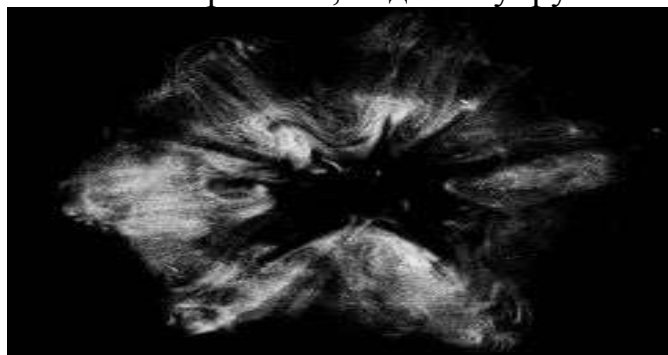


Рисунок 61. Колебания вихревого кольца с большой амплитудой волн

Седьмой способ гибели ШМ – несколько модификаций взрыва.

Классический взрыв наружу с искрами или без искр с полным исчезновением вещества ШМ. С точки зрения гидродинамики, причиной взрыва является мгновенное выравнивание давления внутри и снаружи вихря. Аналогично, если разрушится крепление всех шаров экспериментальной карусели, то они разлетятся в разные стороны под действием центробежной силы. Водяные и дымные вихревые кольца с малой кинетической энергией при разрушении в лабораторных условиях растворяются бесследно в окружающей среде. Но электронные вихри обладают особыми свойствами. Во-первых, их кинетическая энергия до

момента разрушения на несколько порядков больше. Во-вторых, потеряв упорядоченность движения, электроны расталкиваются в разные стороны и дополнительно ускоряются кулоновскими силами. В-третьих, частицы электронного вихря обладают отрицательным зарядом, поэтому всегда стремятся уйти в землю, либо в какой-либо положительный электрод, опять дополнительно ускоряясь.

Наблюдатель Манакова [29]: «Шар перекатился через порог, на высоте не более сантиметра над полом обошел полукруг у ног сидевших людей, выкатился назад до нижнего угла дверей, поднялся к верхнему углу дверей и на глазах у всех на расстоянии около метра от меня и 5 – 8 метров от остальных свидетелей с сильным грохотом (так, что мне заложило уши) рассыпался на брызги, как при электросварке». Наблюдатель Лопатьева [29]: «шар вылетел через эту фрамугу и взорвался во дворе. Взрыв был очень сильный, задрожали стены и стекла. Соседи видели этот взрыв и говорили, что огненные языки летели во все стороны, но вреда никому не причинили». Наблюдатель Адиль Ахмед [29]: «находясь метрах в 20 – 25 от меня, шар взорвался с огромной силой, так что я потерял сознание. Очнулся вечером». Наблюдатель Яшин [29]: «Шар через соседнюю комнату вылетел на улицу, в станционный садик, ударился о сухое дерево, отскочил к рядом растущему тополи и взорвался, опалив кору тополя».

Взрыв во внутрь, схлопывание ШМ. Согласно законам гидродинамики внутри электронного вихревого кольца сильно пониженное давление, глубокий вакуум. Разумным объяснением существования после взрыва ШМ облачка пара, дыма, искр является схлопывание ШМ вовнутрь при нарушении целостности вихря, в момент перехода в турбулентное движение. В этом случае звук схлопывания слышен, порою довольно оглушительный, а ударной волны наружу нет. Соответственно и нет каких-либо разрушений. Наблюдатель Аурсалиди [29]: «резко останавливались и лениво плавали возле столба в радиусе 5 метров в течение 3 – 5 секунд, затем схлопывались как-то во внутрь с хлопком-выстрелом. Ни одной искры или пепла на землю не падало». Машинист Орлов [71]: «вылетел светящийся фиолетовый шар диаметром 10-15 см, который двигался под углом вверх по прямой с большой скоростью. Пролетев за несколько секунд около 30 м, он исчез, оставив после себя слабое светящееся облачко, которое быстро растаяло». Ученица Приходько [71]: «молния взорвалась с сильным хлопком и исчезла. При этом она распалась на мелкие искры. На месте взрыва образовалось маленькое облачко пара, которое быстро растаяло». Инженер-металлург Лесняков [71]: «взорвалась примерно в 1,5 м от наблюдателя около висевшего на стене над кроватью репродуктора, включенного в сеть. Образовалось облачко дыма. Корпус репродуктора остался цел и невредим». Костин [71]: «с оглушительным грохотом взорвался. На месте шара образовалось светло-коричневое облачко шаровидной формы, которое вскоре рассеялось».

Стаханов [71]: «В то же время взрыв шаровой молнии на открытом воздухе, как правило, не наносит ущерба и не влечет за собой ни

появления сильной ударной волны, ни значительного нагрева воздуха. Подавляющее большинство взрывов относится именно к этому типу. По существу, это просто хлопок, который не сопровождается взрывной волной и не причиняет никакого вреда, даже когда он происходит на расстоянии 1-2 м от наблюдателя. Впрочем, выделение звуковой энергии может быть довольно значительным, однако в абсолютных единицах она дает, конечно, ничтожно малый вклад. Убедительным подтверждением слабости этих взрывов служит появление облачка пара или газа на месте взорвавшейся шаровой молнии, о котором иногда сообщают наблюдатели и которое может возникнуть лишь в спокойной атмосфере. В качестве одного из таких примеров можно сослаться на облачко пара. ...Если бы при взрыве выделялась сколько-нибудь значительная энергия, приводящая к нагреванию продуктов взрыва и окружающего воздуха, это облачко было бы мгновенно разрушено взрывной волной».

Взрывное деление на несколько ШМ меньших размеров. Наблюдаемые взрывные эффекты могут быть от взрыва во внутрь или наружу самого слабого из дочерних вихрей. Вероятность взрывного деления увеличивается при увеличении отношения диаметра вихревого кольца к диаметру его трубы. У сферического вихря Хилла это отношение минимально (стремится к двум), поэтому вероятность взрывного деления вихря Хилла наименьшая.



Рисунок 62. Гидродинамический аналог взрывного деления

Косенкова [29]: "Во время сильной грозы с дождем с неба упал ярко огненный шар диаметром около метра и раскололся со страшным грохотом (аж уши заложило) на четыре более мелких, с футбольный мяч примерно. Один из них откатился на несколько метров и тихо погас, затем погасли и остальные". Наблюдатель Вендеревских – "Взрыва слышно не было, но от шара в разные стороны полетели маленькие шарики, которые сразу упали на землю и исчезли. Однако основной шар не исчез: стал меньше в диаметре и изменил цвет". Сингер [67]: «появился ослепительно белый шар диаметром ~20 см и начал медленно и равномерно опускаться прямо вниз. На полпути к земле он взорвался, и шесть светящихся фрагментов начали двигаться по расходящимся траекториям».

16. Особенности взрыва ШМ

Энергетические особенности. Если в течение стабильного существования запасённая кинетическая энергия электронного вихря постепенно растрачивается на излучение и ионизацию, то в момент разрушения взрывным способом высвобождаются сразу все остатки кинетической энергии. Поэтому последствия взрыва прямо зависят от количественной величины остатков кинетической энергии.



Рисунок 63. Взрыв ШМ со световой вспышкой (из реального видео)

Чем больше первоначальные размеры ШМ, тем большие запасы кинетической энергии могут быть в ней запасены. Можно условно все ШМ разделить на несколько категорий по опасности взрыва:

- ШМ диаметром свыше 10 метров – самые серьёзные последствия;
- ШМ диаметром 1-10 метров – серьёзные последствия;
- ШМ диаметром 10-100 сантиметров – опасные последствия;
- ШМ диаметром менее 10 сантиметров – неопасные последствия.

Самые серьёзные последствия. Сингер [67]: «был замечен голубой огненный шар величиной с жернов, быстро приближающийся к кораблю. Прежде чем моряки успели поставить добавочные паруса, шар оказался на расстоянии не более пятидесяти ярдов от корабля, затем взмыл прямо вверх и взорвался, загрохотав, как сотни пушек, и издав очень сильный запах серы. Грот-стенга была разбита в щепки, а грот-мачта расколота до самого низа. Вырванные из грот-мачты костыли были с такой силой вбиты в палубу, что плотнику пришлось вытаскивать их с помощью лома». Наблюдатель Дрогайцев [29]: «Шар летел в направлении дуба. Коснувшись дуба, он просто поглотил всю его крону (до земли осталось всего метра три-четыре, шар был огромный). Раздался оглушительный взрыв, треск. Я – артиллерист, командовал 152 мм гаубицами (снаряд весит 50 кг), но этот взрыв был внушительнее выстрела гаубицы и взрыва снаряда. Огонь, а с ним и дуб, стали оседать на землю. Во все стороны покатались по земле шары различных размеров от футбольного мяча и меньше. ...Шарики долетали до стены и исчезали. Обе палатки ударной волной были отброшены в сторону. На месте, где рос дуб, остался невысокий пенек, а на земле куча мусора и мелких щепок, какие не погодились бы даже в топку».

Серьёзные последствия. Наблюдатель Закурдаев [29]: «шар шмыгнул в сторону огромных сосен, стоявших неподалеку, и тотчас же раздался оглушительный взрыв. Я оглох и потерял сознание. Когда я пришел в себя, то увидел, что огромной толщины сосна была разбита вдребезги, обе мои лошади мертвы, на одной из них лежал огромный кусок ствола сосны». Наблюдатель Братчикова [29]: «шар резко снизился и метрах в тридцати от дома ударился в корень огромной сосны и взорвался. Мы подбежали посмотреть на место взрыва. Сосна была отделена от корней как топором и были видны следы ожогов на коре, но огня не было».

Опасные последствия. Наблюдатель Колос [29]: «Шар летел по спирали, и за ним тянулся шлейф дыма. Долетев до стены, шар ударился о неё и со страшным грохотом взорвался. Потом в течение нескольких часов я ничего не слышала. При взрыве вдребезги разбило зеркало трюмо, стоявшее в простенке между окнами, из репродуктора вылетел изуродованный динамик». Наблюдатель Железный [29]: «из грозового облака прямо под ноги ей упал огненный мяч, подпрыгнул и взорвался на уровне ее коленей. Женщина упала, а мы, перепуганные, бросились за помощью. Но спасти ее не удалось». Матрюкова [29]: «В тот же момент прямо у нас на столе раздался очень сильный взрыв. Звук взрыва был настолько громким, что в квартире над нами глухая женщина в присутствии двух свидетелей услышала его и, испугавшись, упала на пол. Муж потом говорил, что увидел, как на стол упало "огненное яйцо", которое тут же взорвалось. При взрыве мне опалило висок, а муж потерял сознание. Стекла в окне, находившемся в двух метрах от места взрыва, не вылетели, но штукатурка со стен осыпалась. Примерно в полутора - двух метрах от места взрыва, на стене, висели ножницы и рядом с ними провод от электроплитки со штепселем, так их при взрыве вдавило в стену».

Неопасные последствия. Наблюдатель Буткевич [29]: «Шар проплыл по коридору около сорока метров со скоростью 2 м/с до поворота и, вероятно, от удара в стену внезапно взорвался с оглушительным звуком, подобным винтовочному выстрелу, не оставив после себя никаких следов». Наблюдатель Авилов [29]: «Взрыв был очень громким, резким, его даже услышал рыбак, находящийся дальше меня за поворотом реки. От центра взрыва в разные стороны разбежались небольшие волны. Когда я подплыл к перемету, то увидел несколько оглушенных рыбешек, но на перемете никаких повреждений не заметил, проволока была цела».

Особенности излучения звуковых волн. Интенсивность звуковых волн зависит от типа взрыва.

❖ При взрыве внутри слышны громкие щелчки, хлопки или громкий треск. Наблюдатель Лещенко [71]: «он взорвался. При этом раздался сильный щелчок, полетели искры и появился слабый дымок». Наблюдатель Льюс [71]: «Пройдя за несколько секунд 30 м, он натолкнулся на дерево и взорвался с громким звуком. На месте взрыва образовалось облако пыли».

❖ При взрыве наружу зачастую шумовые эффекты сравнимы с выстрелом из огнестрельного оружия вплоть до залпа артиллерийских орудий. Врач Лагутина [71]: «шар взорвался с таким грохотом, что из соседней комнаты выскочили люди. На крашеном полу возникло обгорелое пятно диаметром 5—7 см и глубиной около 0,5 см, вокруг которого находилось много маленьких темных пятен». Наблюдатель Шишкин [29]: «шар вдруг взорвался как граната». Наблюдатель Конкина [29]: «Коснувшись земли, шар с сильным грохотом взорвался, аж земля дрогнула под ногами». Наблюдатель Давидчак [29]: «Потом в том месте, где находилась ШМ, раздался грохот, и она исчезла».

❖ При взрывном делении возможны разнообразные звуки, в зависимости от типа взрыва одной из дочерних ШМ. Наблюдатель Савченко [29]: «раздался сильный взрыв, и вместо одного шара образовалось два. Звук взрыва был резче и суше взрыва противотанковой мины». Наблюдатель Вендеровский [29]: «Взрыва слышно не было, но от шара в разные стороны полетели маленькие шарики, которые сразу упали на землю и исчезли. Однако основной шар не исчез: стал меньше в диаметре и изменил цвет. Цвет сделался бело-оранжевый». Наблюдатель Киянец [29]: «Затем упал на пол и разорвался на маленькие кусочки, при взрыве был слышен негромкий треск».

Особенности светового излучения. Взрыв ШМ только иногда сопровождается световыми вспышками. Разумным объяснением редких наблюдений вспышки, сопровождающей взрыв ШМ является абсолютное преобладание взрывов со схлопыванием и взрывов с делением. Ниже приводятся все свидетельства, которые удалось найти.

Сингер [67]: «В ту же секунду шар взорвался с ослепительной вспышкой, и всех присутствующих отбросило на спинки стульев. Одному из них слегка опалило волосы и одежду, но серьезно никто не пострадал. ...С левой стороны шара имелись небольшие выступы, тени которых двигались по его поверхности, указывая на вращательное движение. Через 5-6 с молния взорвалась, осветив все вокруг красным светом. ...Шар появился спереди справа от самолета и почти немедленно взорвался, разлетевшись на мелкие куски с яркой вспышкой и громким треском». Наблюдатель Шишкин [29]: «Взрыв сопровождался яркой вспышкой, и мы на мгновение ослепли, так как в комнате не было света, кроме горящей печки. Нас немного оглушило. От взрыва на столе вспыхнули бумаги». Наблюдатель Конкина [29]: «Но я не упала, только глаза закрыла от яркого света и боялась их открыть, думала, что ослепла от яркого света. Но я оказалась невредима и даже на земле следов не осталось». Наблюдатель Савченко [29]: «Дойдя до середины кухни, задержался, потом плавно поднялся до уровня верхней притолоки входной двери и медленно двинулся к ней. Подойдя к ней вплотную, он ослепительно вспыхнул, раздался оглушительный взрыв. В глазах стало темно, брат упал с табуретки». Наблюдатель Баев [29]: «Мы наблюдали за шаром больше минуты, потом в какой-то миг он исчез, и в то же мгновение раздался сильный взрыв. Мы все на

мгновение ослепли и оглохли от яркой вспышки и грохота». Стаханов [71]: «Хотя она некоторое время находилась на расстоянии меньше 1 м до автора письма, тепла он не ощущал. Вслед за тем она взорвалась, выжгла часть металла (около 3 см³). Взрыв оглушил и ослепил всех присутствующих на 1-2 мин.».

Особенности тепловых эффектов. Взрывы ШМ уникальны тем, что при таких физических процессах очень часто наблюдаются мизерные тепловые эффекты. Такая особенность легко объясняется тем, что внутри ШМ находятся электроны, а не молекулы, как в патронах, гранатах и снарядах. При обычных взрывах потенциальная химическая энергия превращается в кинетическую энергию молекул, которые разлетаются в разные стороны и расталкивают молекулы окружающей среды, увеличивая её температуру. А при взрывах ШМ разлетаются в разные стороны электроны, которым тяжело растолкать молекулы окружающей среды (по причине большой разницы масс). В следующих наблюдениях особо подчёркивается малость тепловых эффектов. Наблюдатель из с. Кузминовка [29]: «При взрыве ни искр, ни брызг заметно не было. Просто резкий, звонкий хлопок и ничего больше. Все это длилось секунд пять. Впоследствии, в армии, я служил подрывником и неоднократно наблюдал взрывы разной силы. Так взрыв шаровой молнии был примерно эквивалентен по звуковому эффекту взрыву 250 – 300 граммов тола. Только при взрыве тола обычны тепловые эффекты, вещество разлетается в стороны, а в случае шаровой молнии ощущения тепла не было». Наблюдатель Трещеткина [29]: «От печки шар развернулся и, пролетев немного назад, взорвался около моих ног (в 15 сантиметрах от пола и в 8 – 10 сантиметрах от моей ноги). Я была босая, но никакого тепла не почувствовала. Звук же был такой, какой бывает, если разобьешь электрическую лампочку».

Есть, однако, много свидетельств о замеченных тепловых эффектах. Такая особенность легко объясняется тем, что электронный вихрь окружает плазменная оболочка из ионов и молекул, увлечённых во вращение электронами. Если эта оболочка к моменту взрыва ШМ сумела накопить большой запас кинетической энергии, то её взрыв уже будет способен нагреть окружающую среду. Сингер [67]: «Во многих сообщениях специально отмечалось, что шаровая молния не выделяет тепла, как следовало бы ожидать от тела, испускающего интенсивный свет. Об этом свойстве, которое привлекает внимание только при наблюдении молнии с близких расстояний, сообщается в подавляющем большинстве случаев. Кроме приводившихся выше примеров, только в четырех сообщениях из обзора Рейла (в котором перечислено 55 случаев, когда светящиеся шары наблюдались с расстояния менее 15 м), указывается на ощущение тепла». Наблюдатель Царенко [29]: «У обочины дороги полег целый круг травы пырея, трава была опалена. Над местом взрыва образовалась темно-синяя шапка диаметром около полутора метров какого-то дыма. Меня обдало горячим воздухом, а левую ногу до

колена (то есть до закатанных брюк) сильно обожгло, на ней обгорели волосы». Наблюдатель Федосеев [29]: «На земле оказался полностью выжженным круг травы диаметром 1,5 – 2 метра, а деревья были переломаны и опалены». Наблюдатель Гусарова [29]: «В комнате стоял специфический запах металлической гари и еще чего-то. У окна, на полу, тлело одеяло. Бахрома абажура над столом была опалена».

Особенности ударной волны. Очевидно, что ударная волна будет только в том случае, когда осуществлён взрыв наружу ШМ. И чем громче звук взрыва, тем сильнее ударная волна.

Григорьев [29]: «два куска дерева массой 20 – 25 килограммов отбросило на расстояние 40 – 45 метров от тополя. Очевидец происшедшего Головинов Т.А., находившийся примерно в тридцати метрах от тополя, был оглушен ударной волной взрыва и упал на колени. Слух у него восстановился только через неделю, то есть последствия взрыва ШМ были весьма внушительными. Но несложные физические оценки показывают, что энергия, выделившаяся при взрыве в описываемом случае, по порядку величины соответствует ~ 1 МДж. Несложные оценки в рамках теории точечного взрыва в свободной атмосфере, применимой к явлению взрыва ШМ, связывающей между собой все физические величины, представляющие интерес в контексте проводимого исследования: энергию взрыва, избыточное давление, толщину и скорость ударной волны – позволяют оценить сверху время действия ударной волны взрыва ШМ на человека. Оказывается, что оно не превышает миллисекунды и чем больше энергия взрыва, тем оно меньше. А это означает, что даже при избыточном давлении в ударной волне ~ 1 атм особого вреда человеку сама ударная волна доставить не может, так как время его действия на человека весьма мало. Максимум, что грозит пострадавшему в этом случае, – временное нарушение слуха и кратковременная потеря сознания. ... то, что при этом у пострадавших не бывает серьезных повреждений, является фактическим подтверждением кратковременности действия ударной волны. Не следует, однако, забывать, что очевидцы взрывов ШМ могут получить серьезные повреждения от разлетающихся обломков предметов, разрушившихся при взрыве».

Наблюдатель Дрогайцев [29]: «Обе палатки ударной волной были отброшены в сторону». Наблюдатель Михайлов [29]: «шарик начал плавно снижаться и метрах в трех от меня он упал на землю. Раздался сильный взрыв, меня подбросило в воздух метра на полтора, и упал я на грудь и лицо. При взрыве я оглох, но через неделю слух восстановился. Других повреждений, не считая разбитого при падении лица, я не получил». Наблюдатель Царёва [29]: «Придя в себя, я увидела, что шар пробил в саманной стене толщиной около метра сквозную дыру диаметром 15–20 сантиметров. Все стекла в окне вылетели, сломались и двойные оконные рамы. Сорвались с петель дверцы шкафа, и слетела с него крышка. Распахнулась дверь».

Особенности электрического удара. Самым опасным поражающим фактором ШМ, также как и линейной молнии, является электрический удар. Он является причиной абсолютного большинства смертельных случаев при встречах с ШМ. Электрический удар от линейной молнии осуществляется сразу в момент прохождения пучка электронов в канале линейной молнии. Но в ШМ электронный пучок замкнут, и в нормальном состоянии он не может покинуть ШМ по закону сохранения момента вращения. В таком состоянии ШМ может легко перемещаться по проводникам и по телу человека, не разряжаясь. Пока в ШМ существует вихревое движение, электрический удар окружающим людям не угрожает. Вендеревских [29]: «шар оторвался от вершины опоры и начал двигаться по проводу. ...Шар, пройдя это расстояние, на миг остановился, потом соскочил на следующий провод». Жилов [29]: «выкатился огненный шарик величиной с небольшой мяч. Этот шар прокатился по ее руке от плеча до кости, а затем по ноге от середины бедра до стопы, потом шар исчез. При движении он издавал легкое потрескивание. Я видел след, оставшийся на руке и ноге. След напоминал хирургический шов: бледно-алая линия, пересеченная короткими отрезками на равных расстояниях друг от друга».

Страшные последствия могут возникнуть при нарушении стабильного существования ШМ и разрушении вихревого движения. Тогда она либо взрывается, либо разряжается в самый ближайший проводник. И находиться в этот момент между ШМ и проводником смертельно опасно. Князькин [29]: «Шарик приблизился к нам, сел на руль мотоцикла. Раздался щелчок, как выключатель щелкнул, и мотоцикл отключился. ...С сына сорвало правую сторону каски, отрезало правое ухо. Электрический заряд вошел сыну в ухо и вышел через левую ногу, чуть выше колена, пройдя через сердце. У второго седока было сожжено все тело. Оно стало черным как уголь, и до него нельзя было дотронуться, т.к. оно приставало к любому предмету, как холодец». Креловская [29]: «шар нагнал собаку, коснулся ее, раздался оглушительный треск. Собака упала замертво в нескольких шагах от меня. Шкура на ней обуглилась». Кравченко [29]: «раздался взрыв такой силы, что все стекла в избе вылетели, рассыпавшись на мелкие осколки. ...хватились, что нет одного человека, который сидел у окна. Вернувшись в избу, нашли его лежащим на полу. ...Кепка и череп были пробиты. Размер пробоины – около 10-12 см, мозг был разбрызган. ...На табуретке, на которой сидел пострадавший, следов ожога не было, видимо, разряд проскочил по воздуху и прожег дыру в полу диаметром 10-12 см и ушел в землю». Выборнов [29]: «Этот шар довольно медленно и очень плавно подплыл к электропатрону без лампочки, который находился над столом, и с ужасающим треском разорвался, лучше сказать, лопнул. Нас всех довольно сильно ударило током через ноги (мы все были босиком). Мне помнится, что я вроде бы прилип к полу, и меня несколько секунд трясло».

17. Разгадка парадоксальных свойств ШМ.

В заключение отметим особенности строения ШМ, благодаря которым она и имеет множество необычайно загадочных свойств.

- ✚ ШМ является вихревым объектом (в общем случае вихревым кольцом, в частных случаях вихревым диском или вихревым цилиндром) и подчиняется всем законам гидродинамики. Перечень этих законов предоставлен выше в отдельном параграфе.
- ✚ Элементарными составляющими вихря ШМ являются электроны – самые лёгкие стабильные частицы. Физические причины притяжения электронов друг к другу в компактном устойчивом вихревом образовании изложены выше в отдельном параграфе.
- ✚ Случайно свернуться в электронный вихрь может любой дуговой разряд в гидродинамической среде, возникающий либо в технологических энергетических установках при переключениях, либо в естественных природных условиях под воздействием сильнейшего электрического поля, возникающего во время грозы либо между облаками, либо между облаком и землёй.
- ✚ В основе длительного стабильного существования ШМ лежит сверхпроводимость замкнутого электронного пучка. Физические причины сверхпроводимости в электронном вихре изложены выше в отдельном параграфе.
- ✚ Замкнутый электрический ток ШМ, как и любой другой постоянный ток, создаёт вокруг себя в окружающем пространстве мощное постоянное магнитное поле, которое намагничивает металлические предметы (ферромагнетики).
- ✚ Электронный вихрь ШМ формирует в окружающем пространстве мощное вихревое электрическое поле, которое наводит в окружающих проводниках сильные токи, при прохождении которых испаряется электропроводка, металлические кольца и браслеты, начинают светиться выключенные электролампы и ЭЛТ телевизора, выходят из строя приборы, где есть катушки и трансформаторы.
- ✚ Зачастую воздействие мощного вихревого электрического поля ШМ очень кратковременно – быстро испаряются металлические кольца и браслеты, не успев нагреть до ожога кожу руки, монеты в кошельке быстро сплавляются в один слиток, не успев бумажные деньги нагреть до воспламенения.
- ✚ Источником запасённой энергии ШМ является кинетическая энергия вращающихся с большой скоростью электронов. Таким способом максимальная накопленная энергия, равная нескольким Мдж, соизмерима с выделившейся энергией при ударе линейной молнии. ШМ с самыми большими запасами энергии из линейной молнии и формируются. Максимальный суммарный электрический заряд всех электронов вихря ШМ, соизмерим с зарядом, протекающим в среднестатистической линейной молнии. Соответственно электрический удар от ШМ может быть соизмерим с электрическим

ударом от линейной молнии. Физические основы энергетики ШМ изложены выше в отдельном параграфе.

- ✚ ШМ, как и неоновые лампы, излучают холодный свет. Отличие – электромагнитное излучение ШМ имеет непрерывный спектр, сформированный тормозящимися электронами. Физические основы светового излучения ШМ изложены выше в отдельном параграфе.
- ✚ Физические причины разнообразия цвета ШМ изложены выше в отдельном параграфе. Цвет зависит от средней скорости электронов в электронном вихре ШМ - чем больше скорость, тем больше частота пика интенсивности тормозного спектра излучения.
- ✚ В определённые моменты существования ШМ может быть невидимой. При замедлении скорости вращения пик интенсивности и граничная частота тормозного спектра излучения постепенно двигаются со стороны невидимой ультрафиолетовой области в сторону невидимой инфракрасной области, поэтому ШМ может неожиданно бесшумно появляться и неожиданно бесследно исчезать. Некоторое время, после того как ШМ стала невидимой, наблюдатели иногда фиксировали продолжение блокирования работы приборов и даже перебои в работе мощных электрогенераторов.
- ✚ ШМ способна перераспределять между собой скорости тороидального и кольцевого вращения в зависимости от внешних условий. В результате внешних воздействий вихревое кольцо может уменьшать тороидальную скорость и увеличивать кольцевую скорость, превращаясь либо в вихревой диск, либо в цилиндрический вихрь (толстый или тонкий). Возможно и обратное преобразование. В особых условиях толстый цилиндр может превратиться в вихревую воронку в виде конуса.
- ✚ В результате внешних воздействий с поверхности электронного вихря могут отделяться отдельные электронные струйки, быстро распадающиеся на искры (аналогично падают искры с расчётки).
- ✚ Электронный вихрь ШМ ионизирует окружающий воздух и увлекает ионную плазму во вращение, формируя тонкую ионную оболочку.
- ✚ Ионную оболочку окружает голубой ореол – воздушное пространство, в котором происходят поглощение ультрафиолета и рекомбинация ионов.
- ✚ В результате внешних воздействий от ионной оболочки могут отрываться отдельные ионные струйки, превращающиеся в языки пламени.
- ✚ Температура поверхности электронного ядра ШМ и окружающей ядро плазменной оболочки близка к температуре окружающей среды по причине наличия строго упорядоченного движения и отсутствия хаотического движения частиц электронного ядра и ионной оболочки.
- ✚ ШМ с большой скоростью вращения способна свободно проходить через диэлектрик (стекло, дерево и пр.). В этом случае электроны

свободно пролетают через пустое пространство атомов, между их ядрами, не успевая провзаимодействовать кулоновскими силами (они намного меньше сил инерции). Особенности прохождения ШМ через диэлектрик изложены выше в отдельном параграфе.

- ✚ Продолжительность жизни ШМ напрямую зависит от скорости вращения – чем больше скорость вращения, тем стабильнее ШМ, тем больше её продолжительность жизни.
- ✚ Как и любая другая механическая система, ШМ обладает собственным спектром резонансных частот механических колебаний, при возбуждении которых становится слышно, как ШМ гудит, жужжит или пищит.
- ✚ По законам гидродинамики при наличии тороидального вращения ШМ самопроизвольно движется параллельно оси вихревого кольца. При превращении вихревого кольца в вихревой диск происходит потеря тороидального вращения, соответственно способность к самостоятельному движению пропадает.
- ✚ По законам гидродинамики (яркий пример – игра вихревых колец), ШМ способна деформироваться в самых широких пределах, проходя через микроскопические отверстия и восстанавливать свою форму после деформаций.
- ✚ ШМ, как вихревые объекты, по законам гидродинамики способны делиться самопроизвольно или при резком внешнем воздействии.
- ✚ В определённых условиях ШМ могут образовываться сразу одновременно несколькими десятками (из чёткой молнии, например). В этом случае по законам гидродинамики между ними начинается динамическое взаимодействие – играют в чехарду, водят хороводы, сливаются вместе и пр.
- ✚ По законам гидродинамики при движении ШМ оставляет позади за собой потерянное вещество в виде светящегося шлейфа или бороды.
- ✚ Если ШМ с вихревым кольцом в ядре догоняет такую же ШМ, то начинается чехарда (игра колец). Заднее вихревое кольцо уменьшается в размерах, расширяет переднее кольцо и проникает сквозь его “дырку бублика”. Переднее кольцо становится задним и процесс многократно повторяется. Часть вещества, выбрасываемого через “дырку бублика”, теряется и устремляется далеко вперёд, формируя шлейф или бороду теперь уже и с переднего торца.
- ✚ Если ШМ с вихревым кольцом в ядре догоняет ШМ с вихрем Хилла в ядре, то чехарды нет, потому что стенки “дырки бублика” вихря Хилла крепко прижаты друг к другу, силы притяжения больше сил растяжения. Заднее электронное вихревое кольцо всасывается в микроскопическую “дырку бублика” вихря Хилла и тонкой электронной струёй (джетом) выбрасывается впереди, излучая непрерывный спектр тормозного излучения. В ночном небе джет становится похож на прожектор технического летающего объекта.

- ✚ По законам гидродинамики несколько ШМ могут образовывать статические комбинации, которые в ночном небе выглядят как огни иллюминаторов инопланетного корабля. Ярким примером статической комбинации является вихревая дорожка Кармана.
- ✚ В период устойчивого состояния по закону Ампера ШМ притягивается к металлическим поверхностям и проводам (она наводит в них сильные токи, а параллельные токи притягиваются). По закону сохранения момента вращения она не способна в это время разрядиться через эти проводники.
- ✚ В конце жизни, при разрушении вихревого движения, ШМ может разряжаться через металлические поверхности, провода и любые другие ближайшие проводники.
- ✚ Поверхность электронного вихря способна самопроизвольно расслаиваться на параллельные электронные пучки. В конце жизни, когда развивается неустойчивое состояние и начинается переход в турбулентное движение эти пучки отделяются на отдельные струйки, которые наблюдатели называют тонкими полосками и нитями.
- ✚ В конце жизни ШМ может взрываться вовнутрь или наружу самопроизвольно (реже) или в результате внешнего воздействия (чаще всего). Причиной взрыва является нарушение целостности стенок замкнутой трубы вихревого кольца, когда внешняя среда устремляется в сильно разрежённую внутреннюю область этой трубы. Если вихревое движение плавно переходит в турбулентное, то осуществляется только взрыв вовнутрь. Если при мгновенном выравнивании давления перехода в турбулентное движение не происходит, то дополнительно осуществляется ещё и взрыв наружу.
- ✚ При детонации химических веществ взрыв происходит по причине мгновенного выделения тепла. Но взрыв ШМ тепловым не является. В момент её устойчивого существования существует баланс между центробежными силами и силами давления среды. В момент нарушения баланса исчезают силы давления среды и под действием центробежных сил электроны разлетаются во все стороны. Но, по причине очень большой разности масс, они не в состоянии сильно растолкать молекулы и заметно повысить температуру среды.
- ✚ Меньшая часть энергии взрыва ШМ тратится на формирование ударной волны, на световую вспышку, на ионизацию и тепловой нагрев окружающего воздуха, большая - на электрический удар. Потеряв при взрыве упорядоченность движения, электроны расталкиваются в разные стороны и дополнительно ускоряются кулоновскими силами отталкивания. Вдобавок, электроны обладают отрицательным зарядом, поэтому всегда стремятся уйти в землю, либо в какой-либо положительный электрод, опять дополнительно ускоряясь кулоновскими силами притяжения. В твёрдом веществе электрический ток превращается в тепло, от которого плавится металл и вскипает вода в дереве, превращая его в кучу щепок.

Литература

1. Акимов М.Д. Шаровая молния. Плазменно-пучковая модель. НиТ, 2005.
2. Аксенович Л. А. Физика в средней школе: Теория. Задания. Тесты: Учеб. пособие для учреждений, обеспечивающих получение общ. сред. образования
3. Алеманов С.Б. Электродинамическое объяснение природы шаровой молнии. m622.narod.ru, 2002.
4. Альфтан Эрминингельд. Сгусток ионов? Вполне возможно. //Техника-молодёжи, 1982-03, с. 38-40
5. Арабаджи В. И., К теории явлений атмосферного электричества, Уч. записки Минского гос. пед. ин-та им. А. М. Горького, сер. физ.-мат., № 5, 79-98 {1956}.
6. Араго Ф. Гром и молния. Пер. с фр. Спб.: 1859.
7. Арсеньев А. А. // Докл. АН СССР. — 1989. — 305, №2
8. Асхабов А.М. Кватаронная модель шаровой молнии // Доклады АН, 2008, том 418, № 5, с. 611-613
9. Ацюковский В.А. Эфиродинамические гипотезы. Жуковский, изд-во «Петит», 1996. стр. 55-58
10. Бабат Г. И. Электричество работает. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.; Л.: Энергия, 1964, с. 643-645
11. Баранов М.И. Шаровая молния – мощный природный молекулярный накопитель атмосферного электричества. Новая гипотеза происхождения и теория электрофизического феномена. // Электротехника и Электромеханика. 2008-6, с.51-59
12. Баранов М.И. Электродинамическая модель шаровой молнии. «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО» № 8/2013
13. Барри Дж. Шаровая молния и четочная молния. М.: Мир, 1983. 288 с.
14. Белый В.А. Шаровая молния: устройство, причина устойчивости. НиТ, 2011.
15. Биберман Л. М., Норман Г. Э. О возможности существования переохлажденной плотной плазмы, ТВТ, 1969, том 7, выпуск 5, 822–831
16. Будехин А.П. Квантово-механическая модель шаровой молнии // Вестник Брянского государственного университета. 2009
17. Бутусов К.П. Электродинамическая модель шаровой молнии (бетатронная версия). Труды Конгресса – 2010. «Фундаментальные проблемы естествознания и техники». Часть I (А-Л). Серия «Проблемы исследования Вселенной», вып.34,СПб.2010.
18. Бычков В. Л., Гридин А. Ю., Климов А. И., О природе искусственных шаровых молний. Исследование структуры и физических свойств полимерных плазмOIDов в атмосфере, ТВТ, 1994, том 32, выпуск 2, 190–194
19. Веселов А.В. Шаровая молния.
<https://scientificrussia.ru/articles/10-faktov-o-sharovoj-molnii>
20. Власов А.Н. Шаровая молния – природный ядерный реактор? // Техника-молодёжи, 1992-09, с. 12-13
21. Власов А.Н. Шаровая молния – индукционный разряд в вихревом кольце? //Наука и жизнь, 2009-07, с.28-33
22. Войцеховский Б. В., Войцеховский Б. В. Природа шаровой молнии. — Доклады АН СССР, 1974, т. 218, № 1, с. 77.
23. Вуд Р. Вихревые кольца. Библиотечка «КВАНТ» выпуск 4. Опыты в домашней лаборатории. М., Наука, Гл. ред. Физ.-мат. лит. 1981 г. Стр. 13.
24. Габышев В.Г. Шаровая молния: термодинамическая версия. Фрязино.2009.
25. Галкин А. Ф., Кунин В. Н., Фуров Л. В., Рефракция лазерного луча в плазменном вихре, ТВТ, 1994, том 32, выпуск 3, 475–476
26. Гезехус Н. А. О шаровой молнии. СПб: Изв технологического ин-та, 1898.
27. Гладков К. Загадка шаровой молнии. // Техника-молодёжи, 1958-03, с. 28-30

28. Григорьев А.И. Огненные убийцы. Дебют, Ярославль, 1990
29. Григорьев А.И. Шаровая молния. Ярославль: ЯрГУ, 2006. 200 с.
30. Гринёв В.Т. Теория кристаллизации плазмы. Шаровая молния.
<http://www.milogiya2007.ru/grinev.htm>
31. Гулак Ю. Шаровая молния – сестра токамака. // Техника-молодёжи, 1982-06, с. 49-51
32. Гулиа Н.В. В поисках энергетической капсулы. НиТ, 2000.
33. Гулиа Н.В. Сверхнакопитель энергии. //Техника-молодёжи, 1982-06, с. 10-11
34. Дмитриев М. Т. Природа шаровой молнии. — Природа, 1967, № 6, с. 98-106.
35. Дятлов В.Л. Поляризационная модель неоднородного физического вакуума. - Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 1998. – 184 с
36. Зеликин М.И. Сверхпроводимость плазмы и шаровая молния. СМФН, т.19, 2006, с.45-69
37. Ионин В. Многоликий образ ШМ. // Техника-молодёжи, 1986-05, с. 44-47
38. Калабин В. Сгусток ионов, но какой? // Техника-молодёжи, 1982-05, с. 47-49
39. Капица П.Л. О природе шаровой молнии. ДАН СССР 1955. Том 101, №2, стр. 245-248
40. Капраль О. Шаровая молния (модель). 2008г. <http://www.shematic.net/page-148.html>
41. Карцев В.П. Приключения великих уравнений. Загадка в форме шара. НиТ, 2001.
42. Кузнецов В. В., "Шаровая молния - как квантовомеханическое явление в атмосферном электрическом поле", Квантовая магия, 8:3 (2011), 3101-3107
43. Куракин В.И., Шоромов Н.П. Физическая модель шаровой молнии и устройство для ее осуществления (варианты). 1995, патент,
<http://www.freepatent.ru/patents/2047910>
44. Леонов Р.А. Загадка шаровой молнии. Изд. «Наука». М. 1965.
45. Леонович В.Н. Природа шаровой молнии. ФГУП «ФНПЦ Научно Исследовательский Институт Измерительных Систем им. Ю.Е. Сedaкова»
46. Лихошерстных Г. И это все о ней. //Техника-молодёжи, 1982-07, с. 48-52
47. Лихошерстных Г. 138 подходов к загадке природы. //Техника-молодёжи, 1983-03, с. 38-43
48. Марколия А.И., Попов А.Ф. Физика шаровой молнии. popovsfti.narod.ru, 2002.
49. Маханьков Ю.П. Условия образования шаровой молнии. НиТ, 2000.
50. Мельниченко Д. М., Плазмoидная концепция шаровой молнии. М., Химия, 1994, стр. 158 – 165.
51. Митрофанов О. И. Шаровая молния – обыкновенное чудо. // Изобретатель и рационализатор, 1982-5, с.30-33
52. Мурзина Е.А. Взаимодействие излучения высокой энергии с веществом (учебное пособие). М.: МГУ им. Ломоносова, 2007. - 97 с.
53. Натяганов В.Л. Неординарные явления атмосферного электричества. // Лесной вестник, 2005-04, с.53-62
54. Непомнящий Н.Н. Тайна шаровой молнии. - Сверхъестественные силы природы,
http://x-files.org.ua/articles.php?article_id=2467&rowstart=1
55. Носков Н.К. Физическая модель шаровой молнии. НиТ, 1999.
56. Остапенко В.И., Толпыго К.Б. «Плазменная теория шаровой молнии». УФЖ т.29, No2.
57. Остапенко В.И. Шаровая молния – сгусток холодной плазмы. //Техника-молодёжи, 2007-05, с.16
58. Парфёнов Б. Снова о шаровой молнии. // Техника-молодёжи, 1968-05, с. 5-7
59. Попов А.Ф. Физика шаровой молнии. Сухумский физико-технический институт.
60. Ратис Ю.Л. Шаровая молния как макроскопическое проявление β -распада ядер радиоактивного фосфора в связанное состояние. // Компьютерная оптика. 2003
61. Резуев К.В. Шаровая молния. НиТ, 2002.
62. Савич Э.В. Тайна шаровой молнии. // Электротехника и электромеханика. 2013
63. Салль С.А. Электрические и оптические явления в шаровой молнии. Диссертация. Санкт-Петербург. 1994

64. Сапогин В.Г. Изотермическая модель шаровой молнии из одноимённых зарядов. Известия Южного федерального университета. 2000
65. Саранин В.А. Равновесие жидкостей и его устойчивость. Институт компьютерных исследований, Москва, 2002
66. Сафонов И. Диамагнетизм огненного шара. // Техника-молодёжи, 1982-06, с. 48-49
67. Сингер С. Природа шаровой молнии: Пер. с англ. М.: Мир, 1973.
68. Смирнов Б.М. Проблема шаровой молнии. М.: Наука, 1988. 208 с.
69. Смирнов Б.М. Физика шаровой молнии. УФН, том 160, вып. 4, апрель 1990г.
70. Сошников В. Н. Новая дипольная динамическая модель шаровой молнии. //Электронная обработка материалов, 2012, том 48, выпуск 6, с.54-64
71. Стаханов И. П. О физической природе шаровой молнии.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1985. 208 с
72. Стекольников И. С. Изучение молний и грозозащита. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
73. Телетов Г.С. Шаровая молния. — Природа, 1966, № 9, с. 84-92.
74. Торчигин В. П., Торчигин А. В. Шаровая молния (от невероятного к очевидному) – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. -144с
75. Федосин С.Г., Ким А.С. Шаровая молния: электронно-ионная модель. НиТ, 2000.
76. Френкель Я. И. О природе шаровых молний, т. 10. ЖЭТФ, 1940, с. 1424
77. Френкель Я. И. Теория явлений атмосферного электричества. — Л.; М., Гостехиздат, 1949
78. Френкель Я.И. Теория явлений атмосферного электричества. Изд.2-е, испр.- М.: КомКнига, 2007, с.140-145
79. Хазен А. М. Шаровая молния: стационарное состояние, подвод энергии, условия возникновения // Доклады АН СССР. — 1977. — Т. 235, № 2. — С. 288—291.
80. Хмельник С.И. Математическая модель шаровой молнии.
<http://vixra.org/pdf/1503.0076v1.pdf>
81. Черкашин Ю.С. Шаровая молния создана кольцевым током. НиТ, 2011.
82. Чинарёв И.П. Подходы к объяснению шаровой молнии. НиТ, 1999.
83. Чирвинский П.Н. Шаровые молнии. – Природа, 1949, №6, с.14-20
84. Шавырин С.Б. Принципы шаровой молнии и холодного термоядерного синтеза.
<http://coldnuke.narod.ru>
85. Шафранов В.Д. О равновесных магнитогидродинамических конфигурациях // ЖЭТФ. 1957. Т.33. Вып.3. С.710.
86. Шило Н.А. Природа и механизм образования шаровой молнии. Техника – молодёжи 1984-06, стр. 22-23
87. Широносков В.Г. Резонанс в физике, химии и биологии. Ижевск. Издательский дом “Удмуртский университет”, 2000/01, с.54-56
88. Юман М.. Молния. Изд. «Мир». Москва.1972.
89. Яковлев В.В. Особенности вращения. Часть 1. Исторический обзор представлений об особенностях явлений гидродинамики. Пенза. 2017.
90. Яковлев В.В. Особенности вращения. Часть 2. Взгляд независимого аналитика на вращение и на гидродинамические явления. Пенза. 2017.
91. Электротехнический справочник. Под ред. М.Г. Чиликина. М: Госэнергиздат, 1952, стр.: 143, 599, 609.
92. Малюшевский П.П. Явление кумуляции при взаимодействии вихревых колец (Часть II. Обсуждение экспериментальных наблюдений). Электронная обработка материалов. 2005, N.3, сс.36-40
93. Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. М.: Мир. 1986. 184 с.