

УДК 550.3

ОБРАЗОВАНИЕ ПОТОКОВ ЧАСТИЦ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ В ОБЛАКАХ, ТЕМНЫЕ МОЛНИИ

В. В. Кузнецов

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, 684000, Камчатский край, п. Паратунка, ул. Мирная, 7

E-mail: vvkuz38@mail.ru

Обсуждается проблема возникновения в облаках потоков частиц высокой энергии. Рассмотрены несколько ситуаций, в которых обнаружены такие потоки: темные молнии, предшествующие обычным и создающие дополнительную ионизацию, потоки быстрых электронов Мэвской энергии предшествующих землетрясению, разряды молний, инициирующих появление шаровых молний, свечений, спрайтов и т.п. Все перечисленные явления, по-видимому, имеют общую природу, основанную на проявлении эффектов квантовой сцепленности протонов водородных связей водных кластеров в облаках.

Ключевые слова: возникновение потока частиц высокой энергии в облаках, темные молнии, спрайты, свечения.

© Кузнецов В. В., 2016

PACS 94.20.W

HIGH-ENERGY PARTICLES FLUX ORIGIN IN THE CLOUDS, DARK LIGHTNING

V. V. Kuznetsov

Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, 684000, Kamchatskiy kray, Paratunka, Mirnaya st., 7, Russia

E-mail: vvkuz38@mail.ru

Problem of high-energy particles flux origin in clouds is discussed. Conditions in which dark lightning preceding the ordinary one and creating additional ionization, fluxes of fast electrons with MeV energy prior to the earthquake detected among lightning initiating ball-lightning, glow, sprites are considered. All above phenomena appear to be of general nature founded on quantum entanglement of hydrogen bonds protons in water clusters inside clouds

Key words: high-energy particles flux origin in the clouds, dark lightning, glow, sprites.

© V. V. Kuznetsov, 2016

Введение

Физика молнии изучалась учеными многих стран в течение более 200 лет. Казалось бы, она должна быть хорошо известна, однако, тем не менее, ряд принципиальных вопросов физики молнии еще далеки до полного понимания. Напомним несколько нерешенных в физике молнии задач. Принято считать, что для возникновения молнии необходимо, чтобы в относительно малом (но не меньше некоторого критического) объеме облака, - образовалось электрическое поле напряженностью, достаточной для начала электрического разряда (~ 1 МВ/м). При этом в значительной части облака существовало бы поле со средней напряженностью, достаточной для поддержания начавшегося разряда ($\sim 0.1-0.2$ МВ/м). Максимальная напряженность электрического поля в грозном облаке, измеряемая с помощью баллонов, ракет и самолетов $E \approx 0.4$ МВ/м, заметно меньше названной выше величины. Приведем некоторые оценки.

По эмпирической формуле необходимая напряженность электрического поля пробоя воздуха $E = 20$ МВ/м, если отнести ее к расстоянию облако-земля ≈ 5 км, получается, что необходимая величина напряжения пробоя $V = 10^{11}$ В, или 100 ГВ. Применим формулу Пашена:

$$V = \frac{a(pd)}{\ln(pd) + b},$$

где: V - напряжение пробоя в вольтах, p - давление, d - расстояние между плоскими электродами. Постоянные коэффициенты a и b зависят от состава газа. Для воздуха при атмосферном давлении $a = 43.6 \cdot 10^6$ и $b = 12.8$, где p давление в атмосферах и d - расстояние между электродами в метрах. Для $p = 1, d = 5 \cdot 10^3$ получаем величину V меньшую, но все равно очень большую $V \approx 7.8$ ГВ, а величину $E \approx 1.5$ МВ/м. В ряде работ принято считать величину V молнии значительно ниже: например, величина V может достигать 50 МВ. Сравнение полученных оценок с измеренными величинами показывает, что, по большому счету, напряженности грозного электрического поля явно недостаточны для пробоя промежутка «грозное облако – Земля» и формирования молнии.

Обычно для некоторой совокупности движущихся в потоке заряженных частиц рассматривается их средняя скорость. Средняя скорость направленного движения v носит название скорости дрейфа. Как показывают экспериментальные данные, эта скорость зависит от величины E , от сорта газа и его плотности. При этом скорость дрейфа электронов существенно выше скорости дрейфа ионов. В дальнейших оценках будем ориентироваться на скорость электронов.

Обычная молния, проблемы

В общем случае скорость дрейфа $v = kE$, где k – носит название подвижности. Особенностью этой величины является то, что и для ионов, и для электронов существует широкая область значений напряженности, при которых в воздухе значения подвижности почти постоянны.

Для ионов в области значений поля, соответствующих развитию разряда, и при нормальных условиях газа значения подвижности в воздухе составляют $k_{и^+} = 2.0$ см²/В·с и $k_{и^-} = 2.2$ см²/В·с. Для электронов $k_э = (4-5) \cdot 10^2$ см²/В·с, что, как видно, на два порядка выше, чем у ионов.

Будем считать, что скорость распространения молнии по порядку величины близка к скорости дрейфа электронов. Известно, что имеются сильно различающиеся оценки скорости распространения молнии: от примерно 200 км/с до скорости 140000 км/с (близкой к 1/2 скорости света). Наиболее часто встречающаяся величина скорости распространения молнии $v = 1000 \text{ км/с} = 10^6 \text{ м/с}$ [1].

Из [1] следует, что величина напряженности электрического поля молнии, распространяющейся со скоростью $v \approx 10^6 \text{ м/с}$, должна быть порядка $E \approx 2 \cdot 10^7 \text{ В/м}$. Для облака на высоте 5 км, величина $E \approx 2 \cdot 10^7 \text{ В/м}$ приводит к огромным величинам напряжений $V = 10^{11} \text{ В}$, значительно превышающих принятые значения. Средние значения измеренных величин $E \approx 4 \cdot 10^5 \text{ В/м}$, что в 50 раз меньше, чем требуемая величина. Скорость распространения молнии v при такой величине E , естественно, тоже ниже $v \approx 5 \cdot 10^4 \text{ м/с}$ (т.е. ниже в 20 раз). Насколько известно, этот парадокс в рамках принятой модели молнии – однозначного решения пока не имеет. Тем более, если принять во внимание некоторые оценки скорости распространения молнии, приближающейся к скорости света.

В аналогичных задачах из физики молнии, как правило, учитываются явления, приводящие к увеличению плотности потока, эти явления называются ударной ионизацией. Учет эффектов ударной ионизации, в результате которой возрастает количество электронов в молнии - возможен, но он не играет роли в тех явлениях, которые мы здесь рассматриваем. Ударная ионизация может, в принципе, увеличить плотность тока молнии, но не должна значительно сказываться - ни на скорости переноса, ни на величине напряженности электрического поля грозы.

Таким образом, можно видеть, что известные наблюдения скорости распространения молнии и измеренные величины напряженности поля друг другу не соответствуют. Причина замеченного несоответствия, казалось, могла бы быть решена, если бы в грозовом облаке был бы дополнительный (к напряженности поля E) источник ионизации. Эту проблему авторы [2] решают учетом дополнительной ионизации грозового облака галактическими космическими лучами (ГКЛ). ГКЛ создают дополнительную ионизацию за счет образования широких атмосферных ливней в облаке. Это, вроде, позволяет обеспечить пробой промежутка облако-земля при более низких напряжениях, возможно, более близких - к измеряемым напряжениям. Однако, как известно, большинство молний происходит между облаками и внутри одного облака. В такой ситуации модель молнии, в которой решающую роль играют космические лучи - сомнительна. Возникает вопрос, имеются ли в природе другие механизмы создающие свободные электрические заряды в грозовом облаке и в пространстве под ним?

Предложим механизм дополнительной ионизации пространства без участия ГКЛ. Однако прежде чем рассмотреть принципиально новую модель ионизации, обратимся к явлениям, сопутствующим и предшествующим молнии. Речь пойдет о стримерах и ступенчатых лидерах.

Стример – возникновение и распространение с высокой скоростью в промежутке «грозовая туча – земля» проводящего и светящегося плазменного локального образования сравнительно небольшого (до сотни метров) размера. Часто не имеющего прямого контакта ни с облаком, ни с землей. По мере удлинения промежутка, возможно возникновение повторных стримеров в следе первого стримера. Считается, что там, где прошел стример, газ прогревается, плотность газа уменьшается, его электрическая прочность уменьшается, и в следе стримера могут возникать и распространяться новые стримеры со своим дополнительным нагревом и т.д. В результате

локального повышения температуры в нем начинается термоионизация, и возрастает электропроводность, по значению выше перехода из диэлектрического состояния в проводящее состояние. Возникающая структура - *лидер* эквивалентна продвижению электрода в виде острия вглубь промежутка, что способствует пробое длинных промежутков. В линиях электропередач реализуется именно этот вид пробоя.

Канал удлиняется скачками, во время которых он быстро вырастает на несколько десятков метров. Это приращение называется ступенью, а сам процесс – *ступенчатым лидером*. Новая ступень светится на снимках молнии особенно ярко, ее появление оживляет и весь ранее созданный канал. Длина ступеней варьируется в среднем величиной около 30 м, время паузы между ступенями ~ 30 мкс. Скорости распространения стримеров и ступенчатых лидеров сильно варьируются и находятся примерно в том же интервале величин, что и у молний. Например, средние скорости стримеров выше $3 \cdot 10^5$ м/с, а максимальные скорости достигают $3 \cdot 10^7$ м/с (30 тыс. км/с, т.е. 0.1 скорости света). Если принять (как раньше) $E \approx 4 \cdot 10^5$ В/м, то это примерно соответствует скорости электронов $5 \cdot 10^4$ м/с. В случае стримеров также наблюдается очевидная нехватка источника дополнительной ионизации. Дело в том, что и скорость распространения стримеров и напряженности поля вероятнее всего оцениваются верно, следовательно, необходимо найти какое-то особое свойство воды, которое помогло бы решить эту проблему. Такое свойство воды известно, оно называется кооперативностью и чем-то напоминает полимеры. Но только полимерные структуры обладают большими временами релаксации, которые составляют не 10^{-11} – 10^{-12} секунды, как у воды, а минуты и больше. Атмосферное электрическое поле (АЭП) определенной величины может приводить к проявлению в водных кластерах кооперативных свойств. Несмотря на то, что свойство кооперативности воды известно, физического объяснения оно не имеет. По всей видимости, это явление захватывает некий объем водных кластеров, в котором АЭП имеет определенную величину. Это обстоятельство дает нам основание предположить, что один из реальных физических способов проявления хорошо известной кооперативности воды, это возникновение квантовой сцепленности (запутанности, entanglement) водных кластеров на протонах водородных связей [3].

Как известно, электрическое поле, или любое другое физическое воздействие (акустика, магнитное поле и пр.), может послужить причиной искажения когерентной структуры водных кластеров, что может повлечь за собой нарушение, или даже разрыв слабых связей между кластерами. Возникший лавинообразный процесс может привести к разрыву и более сильных связей в строении молекул воды. В результате этого разрыва могут образовываться H^+ (H_3O^+), OH^- и гидратированный электрон e^- . Голубой цвет чистой воды (чистого снега, льда) обязан наличию именно этих электронов, а не только рассеянию естественного света. Лавинообразный процесс приводит к мгновенному образованию в объеме пространства, подвергнутого разрушению (декогеренции) МКЗ, некоторого количества электронов, которые в последствии рекомбинируют с ионами гидроксония (H_3O^+) с возникновением рекомбинационного свечения. Пока полной рекомбинации зарядов еще не произошло, он является достаточно хорошим проводником. Величина АЭП в окрестности светящегося, рекомбинирующего пространства в соседнем пространстве - возрастает, где процедура повторяется: запутывание протонов, разрыв водородных связей и водных кластеров, образование положительных ионов и электронов, т.е. ионизация объема и последующая их рекомбинация со свечением. Согласно модели, мы должны наблюдать светящиеся «следы» наступающие один за другим через некоторые промежутки

времени. Эта модель очень похожа на реально наблюдаемые во время грозы возникновение стримеров и ступенчатых лидеров, отличающихся друг от друга только временем между светящимися следами.

Сделаем некоторые оценки. Примем характерное время свечения стримера равным 10^{-6} с, а его линейный размер ≈ 100 м. Так как, по модели, время свечения определяется скоростью рекомбинации, примем коэффициент рекомбинации α : $\alpha = 10^{-6} \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$. Скорость убывания заряженных частиц при рекомбинации $dN/dt = \alpha n^2$, где время $dt = 10^{-6}$ с.

Начальная концентрация заряженных частиц стримера $n = 1/\alpha t = 10^{12} \text{ см}^{-3}$. Объем стримера (длина 100 м, сечение 100 см^2) = 10^6 см^3 . Общее количество заряженных частиц 10^{18} . Энергия оптического кванта рекомбинационного излучения порядка 1эВ ($1.6 \cdot 10^{-19}$ Дж), что соответствует излучаемой мощности 100 кВт ($0.1 \text{ Дж}/10^{-6}$ с). Вспышку такой мощности в ночном небе вполне можно разглядеть с расстояния в несколько км. Естественно, что в течение периода рекомбинации порядка 10^{-6} с, все электроны не успевают рекомбинировать. Это означает, что объем среды, который только что высвечивался, остается высоко проводящим, что приводит к электрическому «закорачиванию» промежутка пространства и локального увеличения АЭП в соседнем промежутке. В зависимости от времени, в течение которого образуется кооперативная структура (МКЗ [3]), в этом пространстве возможны два варианта развития дальнейших событий. Если это время мало, то образуется ступенчатый лидер, если оно будет составлять несколько десятков микросекунд, то возникнет одиночный стример.

Выясним такой вопрос, может ли количество воды, находящееся в объеме стримера (10^6 см^3) обеспечить необходимо количество зарядов (10^{18}) и плотность зарядов 10^{12} см^{-3} ? Плотность водяного пара $2 \cdot 10^{-5} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, что примерно соответствует 10^{18} см^{-3} молекул воды. Положим, что в водном комплексе, состоящем, например, из 1000 молекул, разрушится только одна молекула и тогда концентрация зарядов окажется равной 10^{15} см^{-3} , что значительно превышает используемую нами величину.

Проделаем ту же операцию для «чистой» молнии без стримеров и лидеров. Оценим ее предельные параметры. Примем величину тока молнии равной $I = 100$ кА, площадь сечения $S = 1 \text{ см}^2$, плотность тока молнии $j = I/S = nev = 10^5 \text{ А}/\text{см}^2 = n \cdot 10^{-19} \cdot 10^{10} \text{ см}/\text{с}$, отсюда концентрация зарядов в молнии: $n = 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Даже для самой мощной молнии с током в 100 кА полученная нами выше концентрация зарядов равная 10^{15} см^{-3} оказывается вполне достаточной.

По последним наблюдениям протяженность молнии, зафиксированной в 2007 году в американском штате Оклахома, составила 321 километр. Молния «рекордсменка» по временному показателю сверкала в небе над юго-востоком Франции в августе 2012 года целых 7.74 секунды.

В нашей модели остается не выясненным вопрос, каким образом в кластерах воды ускоряются быстрые электроны, приводящие к ионизации молекул воды. Ответ на этот вопрос напрямую связан с физикой темной молнии.

Темная молния, модель

Темная молния, открытая как явление в 1991 году, представляет собой поток быстрых электронов,двигающихся со скоростями, близкими к световым, что резко отличает их от обычных молний, электроны которых не столь стремительны. Сверх-

быстрые электроны темных молний при столкновении с молекулами воздуха порождают гамма-лучи, которые рождают электроны и их античастицы, чья последующая аннигиляция с воздухом дает еще больше гамма-лучей.

До недавнего времени считалось, что темные молнии случаются не чаще тысячи или нескольких тысяч раз в год. Авторы из Норвегии [4] выдвинули гипотезу, согласно которой такие явления, сопровождающиеся гамма-излучением (a terrestrial gamma-ray flash - TGF), могут иметь место буквально перед каждой молнией - то есть намного чаще, чем считалось. Длительность TGF-сигнала составляла порядка 70 мкс. При этом наблюдался сильный радио-импульс. Как полагают авторы этого исследования, темные молнии не отдельное от светлых молний явление, а промежуточная стадия формирования электрических разрядов в грозовых облаках. Потеряв часть энергии после столкновения с молекулами воздуха, и породив тем самым гамма-лучи, электроны провоцируют мощный радиоимпульс, после которого в облаке образуется видимый электрический разряд, то есть обычная молния.

Рассмотрим возможный механизм возникновения частиц высокой энергии в системе кооперативно связанных водных аэрозолей. Предположим, что аэрозоли обладают МКЗ протонов водородных связей [3]. Предположим, что водные кластеры представляют собой - тетрамеры воды H_8O_4 . Как было показано Колясниковым [5], - это наиболее устойчивые образования водных кластеров. Тетрамер представляет собой треугольную пирамиду, в которой два угла имеют положительные заряды из-за близости протонов и два других - отрицательные заряды за счет влияния атомов кислорода. Каждый тетрамер имеет четыре водородных связи, обозначаемых как (O - - H), (рис. 1).

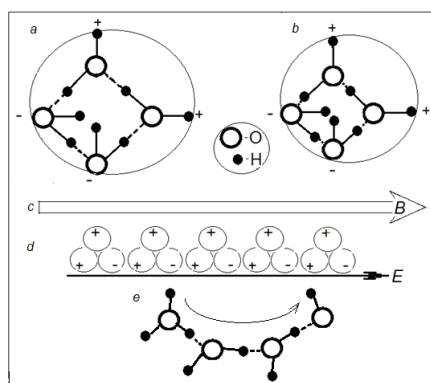


Рис. 1. Кластеры - тетрамеры воды H_8O_4 : *a* – тетрамер с «нормальными» водородными (O - - H) связями (- - -), *b* – тот же тетрамер с укороченными ОН связями (· · ·), *c* – силовая линия геомагнитного поля *B*, *d* - линейная структура тетрамеров, в которой электрическое поле *E* складывается, *e* - контактная пара ионов (H_3O^+ , OH^-) через которую происходит транспортировка протонов (по направлению стрелки)

Эквипотенциальная поверхность тетрамера несет неравномерно распределенные заряды, имеет квадрупольный характер и может характеризоваться потенциалом φ . Такие тетрамеры способны выстраиваться вдоль магнитной силовой линии (рис. 1-с), при условии наличия его в системе.

Связь между напряженностью электрического поля *E* и потенциалом φ :

$$E = -grad\varphi.$$

Деформация эквипотенциальной поверхности квадруполя приводящая к изменению его размера, вызывает изменение потенциала:

$$\Delta\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right).$$

Здесь r_1 и r_2 – размеры тетрамера до (а) и после (b) его деформации.

Итак, представим себе, что протоны молекул воды, через которые осуществляется водородная связь кооперативны (т.е. все они «ведут себя как один»). Кооперативность – хорошо изученное свойство воды, заключающееся в том, что ее молекулы под действием некой вынуждающей силы совершают некоторые колебания синхронно. Например, могут измениться структура водородных связей (при этом они «изгибаются», или «укорачиваются», или просто рвутся). В системе происходит структурный фазовый переход (ФП) и выделяется некоторая энергия (теплота ФП). При этом меняется эквипотенциальная поверхность тетрамера и на его поверхности может возникнуть нескомпенсированный электрический заряд q . Конечно, он очень мал. По простейшим соображениям, величина q не должна быть больше единичного заряда электрона ($1.6 \cdot 10^{-19}$ Кулон). Для грубой оценки примем величину $q = 10^{-20}$ К. Примем, что размер эквипотенциальной поверхности изменился на величину $\Delta r \approx 1$ ангстрем (Å) = 10^{-8} см. Примем, условно, что размер тетрамера $R \approx 10 \text{ Å}$. Оценим величину поля E на размере тетрамера: $E = q/4\pi\epsilon_0 Rr$. Величина поля E составляет примерно 10^9 В/м (0.1 V/Å), или потенциал на одном тетрамере $\varphi = 1$ В.

Если допустить, что на одном сантиметре пространства могут расположиться 10^7 тетрамеров, таким образом, что вдоль одного из «ребер» тетраметра наблюдается чередование зарядов (рис. 1), то напряжение U на таком промежутке, в принципе, может достигнуть невероятной величины порядка 10^7 В. Эта оценка показывает возможность возникновения не только рентгеновского излучения, но и ускорения электронов до высоких Мэвных величин. Естественно, вероятность возникновения таких частиц очень мала, но не нулевая.

Явление возникновения высоких напряжений при прохождении структурного фазового перехода в водных кластерах, возможно, действительно имеет место, хотя вероятность его появления очень мала, и действительно имеет отношение к т.н. темной молнии, которая, как следует из наблюдений, представляет собой пучок гамма квантов.

Может возникнуть вопрос, насколько соотносятся наши оценки величины E на одном тетрамере с известной информацией. По сути это величина характеризует изменение дипольного момента в момент СФП. В работе [6] изучались эффекты в электрическом поле при изменении структуры водных комплексов: тримеров, тетрамеров и пентамеров. Было обнаружено, что дипольные моменты этих структур могут достигать напряженности поля на одном элементе $0.3-0.4 \text{ В/Å}$. Эта величина не противоречит нашей оценке (0.1 В/Å) полученной при изменении формы (объема) тетрамера. Авторы этой работы производили численные расчеты дипольных моментов водных комплексов, учитывая все особенности их строения.

Похожие примеры

Рассмотрим несколько примеров, в которых для объяснения наблюдаемых явлений, происходящих в облачной атмосфере, можно применить рассмотренную выше модель генерации пучков Мэвных электронов.

Землетрясения. Летом 1991 г. на конференции по прогнозу землетрясений на Камчатке я делал доклад о своей ударно-волновой модели землетрясения [7]. Ко мне обратился один из авторов препринта [8] с таким вопросом: «Какой механизм заставляет формировать пучок электронов Мэвной энергии на спутниковых высотах непосредственно в сейсмически активной среде незадолго до землетрясения?» Четверть века назад у меня не было ответа на такой вопрос. Похоже, сейчас он находится и все только потому, что к решению этой задачи мною была привлечена квантовая механика, точнее, её принципиально новые разработки, такие как квантовая запутанность (сцепленность, entanglement).

Спрайты. В 1997 году я принимал участие в международной конференции по солнечно-земной физике в Уппсала (Швеция). Там была прочитана лекция о недавно открытых явлениях, получивших названия: спрайты, эльфы, струи и т.п. Суть этих явлений в том, что над грозовым облаком в моменты возникновения молнии, возникают своеобразные световые явления. Природа этих явлений точно не установлена. С похожим явлением я сталкивался в молодые годы, когда работал в ИЯФе (Институт ядерной физики СО РАН) и проводил исследования эффектов возникающих при выпуске сильного Мэвного пучка электронов в воздух [9]. Пучок электронов светился, и это свечение по форме напоминало мне свечение спрайтов. Но возникал вопрос, каким образом в атмосфере, над грозовым облаком, образовывался пучок быстрых электронов? Найти ответа на этот вопрос я тоже не мог.

Шаровая молния. Проблема ШМ меня волнует более 50 лет. В 1964 г я, прочитав в Комсомольской правде статью «Кладовая молний», поехал в Казахстан, нашел автора этой статьи и он рассказал мне об этом «чуде». Квантовые эффекты, сопутствующие возникновению и существованию шаровой молнии, описаны в одной из моих статей [10]. Следствия, которые можно получить исходя из приведенного выше материала, можно считать добавлением к указанной статье. Речь пойдет о некоторых особенностях вещества ШМ, возникающей в результате прохождения молнии из квантово сцепленных между собой водных кластеров темной молнии. Предположим, что такая структура не разрушилась в момент прохождения молниевых удара. Тогда, предположим, что сама молния возникает аналогично тому как образуется клубок нити при наматывании ее саму на себя. При этом «нить», представляющая собой цепочку кластеров не рвется и сохраняет электрический заряд кластеров. Собственно «намотка» такой «нити» могла бы быть обязана действию возникающего от действия линейного тока молнии кругового магнитного поля.

С увеличением размера ШМ возрастает плотность заряженных водных кластеров и шар начинает светиться за счет рекомбинации. Чем больше становится шар, тем больше оказывается разность потенциалов между близкорасположенными слоями кластеров. Это вызывает пробой между слоями, что неоднократно фиксировали наблюдатели ШМ. Если ШМ приближается к диэлектрическому материалу, например к стеклу, в котором имеются микронные отверстия, то «нитка» водных кластеров проникает сквозь такое отверстие, что приводит к прониканию ШМ сквозь оконное стекло. Насколько мне известно, этот парадокс ШМ никто даже не пытался объяснить. Тем не менее, сделаем некоторые оценки. Предположим, что на «изготовление

ШМ был использован кусок такой «нити» длиной 1 км. Это размер примерно в 10 раз длиннее стримера. Длина используемой «нити» тоже 1 км. Радиус ШМ примем равным 10 см. Тогда при плотной намотке нашей «нити» ее радиус оказывается порядка 1 мм. Этот размер, скорее всего, показывает радиус электрического экранирования. Физический радиус такой «нити» должен быть, конечно, меньше.

Если допустить, что на «нити» может быть распределен электрический потенциал порядка 10^6 В. Причем такое напряжение приложено в основном к последним виткам «нити», то на её поверхности могут возникать электрические разряды. Возможно, это те самые «отдельные случаи, когда на поверхности молнии начинают плясать язычки пламени и из нее выбрасываются снопы искр».

Если рекомбинационное свечение отводится через стенку ШМ, то она постепенно затухает, если по какой-либо причине этого не происходит, молния перегревается – происходит взрыв.

Свечения в атмосфере. Представим ситуацию, когда наша нить оказалась короткой, и её длины не хватило, чтобы заполнить шар приемлемого размера. Оказалось, что свободного электрического потенциала не хватило для возникновения сил поверхностного натяжения. Получилось некоторое бесформенное, светящееся образование, которое в различных регионах называют, то НЛО, то «самосветящееся образование», и т.п.

Такие явления в Норвегии получили название «огни Хессдалена», в других местах - «огни святого Эльма» и т.п.

Эксперимент НАСА. Совсем недавно в СМИ и научных статьях [11] были опубликованы результаты наблюдений Космического аппарата НАСА с телескопом Fermi, который пеленговал область атмосферы над грозой. Авторы полагали, что источником гамма-всплесков (TGFs) являются сильные электрические поля, сконцентрированные в верхней части грозовых облаков. Гамма-всплеск (TGF) порождает гамма-излучение (красный), а также быстрые электроны (желтый) и позитроны (зеленый). Эта модель прослеживает траекторию TGF и порождаемых всплеском пучков частиц, начиная от исходной высоты (над уровнем моря) 15 км и заканчивая 600 км, за пределами орбиты (рис. 2).

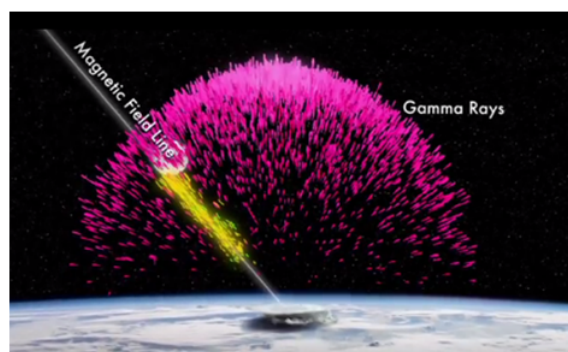


Рис. 2. Результат наблюдения верхней атмосферы во время грозы космическим аппаратом НАСА с телескопом Fermi. Красные всплески – гамма излучение. Быстрые электроны (желтый) и позитроны (зеленый) распространяются вдоль силовой линии геомагнитного поля. Сигналы регистрировались на высотах от 15 км до 600 км.

Рис. 2 показывает, что рассматриваемое явление имеет четкую привязку к магнитной силовой линии. Как это и следует из нашей модели (рис. 1).

Заключение

В работе предложен механизм возникновения цепи водных квантово сцепленных кластеров, в которых одномоментно возникает перестройка водородных связей (структурный фазовый переход), приводящая к увеличению суммарного напряжения на кластерах цепи. Когерентное напряжение вызывает ускорение электронов, достигающих Мэвных энергий. Это и есть модель темной молнии, а сам механизм ускорения достаточно обоснован. Вполне возможно, что аналогичные структуры возникают в атмосфере в моменты предшествующие землетрясению, когда в квантовой сцепленности находится как литосфера, так и водонасыщенная атмосфера. Аналогичные механизмы, возможно, участвуют в функционировании шаровой молнии и других самосветящихся образований, таких как спрайты, джеты, струи и даже огни Святого Эльма и огни Хесдалена, часто называемые как неопознанные летающие объекты (НЛО).

Список литературы

- [1] Верещагина И. П., *Высоковольтные электротехнологии.*, Учебное пособие, МЭИ, М., 1999, [Vereshchagina I. P. Vysokovol'tnye elektrotekhnologii. Uchebnoe posobie. M. MEI. 1999 (in Russian)].
- [2] Ермаков В. И., Стожков Ю. И., *Физика грозových облаков*, Препринт №2, ФИАН им. Лебедева, М., 2004, [Ermakov V. I., Stozhkov Yu. I. Fizika grozovykh oblakov. Preprint №2 M. FIAN im. Lebedeva. 2004 (in Russian)].
- [3] Кузнецов В. В., “Многочастичная квантовая запутанность – « прорывное направление в науке»”, *Квантовая магия*, **8:1** (2011), 1101-1119, [Kuznetsov V. V. Mnogochastichnaya kvantovaya zaputannost' – « proryvnoe napravlenie v nauke». Kvantovaya magiya. 2011. 8:1. 1101-1119 (in Russian)].
- [4] Ostgaard, N., T. Gjesteland, B. E. Carlson, A. B. Collier, S. A. Cummer, G. Lu, and H. J. Christian, “Simultaneous observations of optical lightning and terrestrial gamma ray ash from space”, *Geophys. Res. Lett.*, **40** (2013).
- [5] Колясников Ю. А., “Политетрамерная модель структуры жидкой воды”, *ДАН*, **315:3** (1990), 652-656, [Kolyasnikov Yu. A. Politetramernaya model' struktury zhidkoy vody. DAN. 1990. 315:3. 652-656 (in Russian)].
- [6] Choi Y. C., Pak C., Kim K. S., “Electric field effects on water clusters (n=3-5): systematic ab initio study of structures”, *J. Chem. Phys.*, **124** (2006), 094308.
- [7] Кузнецов В. В., *Ударно-волновая модель очага землетрясения*, Препринт №8, ИГГ СО РАН, Новосибирск, 1990, [Kuznetsov V. V. Udarно-volnovaya model' ochaga zemletryaseniya. Preprint №8. Novosibirsk. IGG SO RAN. 1990 (in Russian)].
- [8] Averin S. A., Aleshina M. E., Voronov S. A., Galper A. M., et al., *Variations of high-energy particle fluxes in the inner radiation belt and their correlation with seismicity*, Preprint 061-90, MiFI, M., 1990.
- [9] Кузнецов В. В., Оришич А. М., *Исследование транспортировки в газе мощного электронного пучка из ускорителя РИУС-5*, Препринт 70-38, ИЯФ СО РАН, Новосибирск, 1970, [Kuznetsov V. V., Orishich A. M. Issledovanie transportirovki v gaze moshchnogo elektronnoy puchka iz uskoritelya RIUS-5. Preprint 70-38. Novosibirsk. IYaF SO RAN. 1970 (in Russian)].
- [10] Кузнецов В. В., “Шаровая молния – как квантовомеханическое явление в атмосферном электрическом поле”, *Квантовая магия*, **8:3** (2011), 3101-3107, [Kuznetsov V. V. Sharovaya molniya – kak kvantovomekhanicheskoye yavlenie v atmosfernom elektricheskoy pole. Kvantovaya magiya. 2011. 8:3. 3101-3107 (in Russian)].

- [11] Dwyer J. R., "The relativistic feedback discharge model of terrestrial gamma ray flashes", *Geoph. Res. Lett.*, **117** (2012), A02308.

Для цитирования: Кузнецов В. В. Образование потоков частиц высокой энергии в облаках, темные молнии // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки.* 2016. № 4(15). С. 63-73. DOI: 10.18454/2079-6641-2016-15-4-63-73

For citation: Kuznetsov V. V. High-energy particles flux origin in the clouds, dark lightning, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki.* 2016, **15**: 4, 63-73. DOI: 10.18454/2079-6641-2016-15-4-63-73

Поступила в редакцию / Original article submitted: 17.11.2016