

М.И. Баранов

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ШАРОВОЙ МОЛНИИ С ЭЛЕКТРОННЫМ ЯДРОМ, МИКРОДИПОЛЬНОЙ ВОДНОЙ ОБОЛОЧКОЙ И ЭЛЕКТРОДИНАМИКА ЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ

*Запропоновано уточнену фізико-математичну модель кульової блискавки (КБ) з негативно зарядженим центральним електронним ядром і електронейтральною зовнішньою дипольною водною оболонкою, що базується на протіканні коронного струму через її електричні диполі мікрочастинок води і його електродинамічній взаємодії із власним магнітним полем блискавки. Виконано розрахункові оцінки можливих рівнів коронного струму, напруженості магнітного поля і електродинамічних зусиль усередині активної мікрокаркасної сферичної зони КБ, а також ймовірних швидкостей кругового обертання у КБ електричних диполів оболонки з поляризаційними зарядами.*

*Предложена уточненная физико-математическая модель шаровой молнии (ШМ) с отрицательно заряженным центральным электронным ядром и электронейтральной внешней дипольной водной оболочкой, базирующаяся на протекании коронного тока через ее электрические диполи микрочастиц воды и его электродинамическом взаимодействии с собственным магнитным полем молнии. Выполнены расчетные оценки возможных уровней коронного тока, напряженности магнитного поля и электродинамических усилий внутри активной микрокаркасной сферической зоны ШМ, а также вероятных скоростей кругового вращения в ШМ электрических диполей оболочки с поляризационными зарядами.*

### ВВЕДЕНИЕ

В [1] автором была предложена и расчетным путем обоснована новая микрокаркасная модель такого природного электрофизического феномена и молекулярного накопителя атмосферного электричества как шаровая молния (ШМ). Как было показано в [1] эта предложенная модель ШМ базируется на присутствии внутри ее ограниченной активной сферической области центрального отрицательно заряженного электронного ядра радиусом  $r_e$  и расположенной снаружи него электронейтральной микродипольной водной оболочки радиусом  $r_0$ . При этом автор ограничился исследованием электростатического взаимодействия радиально ориентированных электродиполей водяных микрочастиц-сфероидов, содержащих внутри себя поляризованные молекулы-сфероиды воды и обладающих на противоположных сторонах связанными поляризационными зарядами с поверхностной плотностью  $\sigma_e$ , с центральным электронным и относительно долгоживущим сгустком-образованием, выполняющим основообразующую и стабилизирующую роль ядра ШМ. В [1] была произведена расчетная оценка достигаемых внутри микрокаркасной водной оболочки молнии уровней электрических потенциалов (порядка  $\pm 100$  В), напряженностей сверхсильных электрических полей внутри и снаружи ШМ вблизи ее электродиполей (порядка  $10^{11}$  В/м), а также объемных плотностей (порядка  $10^{12}$  Дж/м<sup>3</sup>) и абсолютных показателей запасаемой в водной оболочке ШМ электрической энергии (порядка 1 МДж при  $r_e=0,01$  м и  $r_0=0,05$  м). Нерассмотренными в [1] оказались вопросы, связанные с короной и электродинамикой поляризованных зарядов электродиполей в ШМ.

Целью данной статьи является усовершенствование ранее предложенной автором приближенной физико-математической модели ШМ с внутренним микрокаркасом, направленное на учет протекания в ее дипольной водной оболочке радиального коронного тока и его электродинамического взаимодействия с собственным азимутальным магнитным полем ШМ.

### 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ШМ

Рассмотрим сферическую область ШМ, размещенную в воздушной атмосфере, содержащей взвешенные в воздухе при нормальных условиях (температура воздушной среды равна  $T_0 = 0^\circ$  С, а ее давление составляет около  $p_0 = 101,325$  кПа [2]) микрочастицы воды при активном влиянии на них электрофизических процессов, обычно сопровождающих линейную молнию (ЛМ) и предшествующих появлению в воздушной атмосфере ШМ (например, протекание в воздушной среде больших импульсных токов ЛМ; образование в ней от токов ЛМ сильноточных электронно-ионных плазменных каналов, которое сопровождается возникновением в локальных областях с влагой сильных электрических и магнитных полей). Пусть данная область ШМ в своем центре содержит сферическое электронное ядро радиусом  $r_e$ , вокруг которого расположена сферическая электронейтральная дипольная водная оболочка радиусом  $r_0 > r_e$  (рис.). Принимаем, что присутствующие в каркасной оболочке ШМ микрочастицы и молекулы воды имеют геометрическую форму, близкую к сфероидам, и являются изотропным полярным диэлектриком, молекулы которого имеют связанные электроны, расположенные несимметрично относительно своих атомных ядер [1, 2]. Считаем, что образование таких водных сфероидов-диполей связано с воздействием на микрочастицы воды внешнего сверхсильного электрического поля с напряженностью  $E_B$  (например, от сильноточного канала ЛМ или от оставшихся в атмосфере после ее прохождения электронно-ионных образований), приводящим к дополнительной электронной и ориентационной поляризации диэлектрических микросфер воды, способствующих образованию дипольной конструкции ШМ. Полагаем, что данная электрическая поляризация для такого полярного диэлектрика как вода приводит к возникновению в ее молекулах индуцированного электрического дипольного момента  $p_e$ , обусловленного дополнительным простран-

венным смещением их сравнительно легких отрицательно заряженных электронных "облаков" относительно своих сравнительно тяжелых положительно заряженных ядер молекул воды [2]. На основании законов поляризации диэлектриков допускаем, что торцы изотропных сфероидов микрочастиц воды на своих поверхностях с наименьшим радиусом  $r_m$  содержат поляризационные некомпенсированные связанные электрические заряды противоположной полярности с поверхностной плотностью  $\sigma_e$ . Условимся, что при данной локальной концентрации радиально ориентированных электродиполей воды вокруг отрицательно заряженного центрального электронного ядра молнии расстояние  $r_{em}$  между закругленными торцами диполей микрочастиц влаги, а также между диполями и ядром ШМ составляет порядка габаритных размеров молекул воды до воздействия на них напряженности  $E_B$  внешнего сверхсильного электрического поля, равных  $2r_m$  (см. рис.). Считаем, что поверхностная плотность  $\sigma_e$  поляризационных зарядов на торцах микрочастиц-сфероидов воды равна поверхностной плотности  $\sigma_m$  некомпенсированных поляризационных зарядов на поверхностях сфероидов-диполей молекул воды.

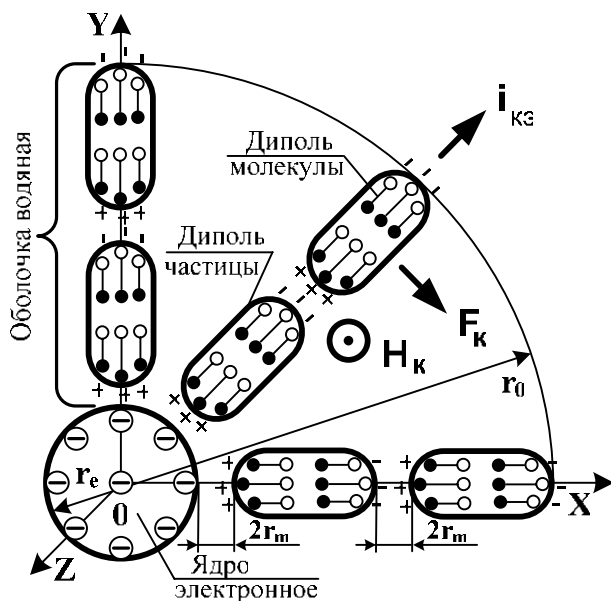


Рис. Уточненная радиальная структура и основные электродинамические элементы в микроаркасной модели ШМ

Воспользуемся допущением того, что в исследуемой микроаркасной конструкции ШМ радиальный ток короны протекает от первого к ядру сферического слоя микродиполей, каждый из которых на своих краях характеризуется электрическими потенциалами  $\varphi_{e+}$  и  $\varphi_{e-}$  противоположных знаков, а также имеет на торцах наименьшую кривизну радиусом  $r_m$ , к наружному сферическому слою объемного положительного заряда ионов воздуха с наименьшим внешним радиусом величиной  $r_0$ , граничащему с объемным отрицательным зарядом, охватывающим снару-

жи всю дипольную оболочку ШМ, радиально смещающимся в сторону от ШМ в область слабого электрического поля и ограничивающим с нее ток короны. Наличие указанных слоев объемного электрического заряда вокруг коронирующей микродипольной оболочки ШМ не противоречит известным теориям электрической короны с металлических заряженных электродов, расположенных в воздушной среде [3].

В пользу возможности образования в электрически активной воздушной атмосфере подобной электронно-микродипольной конструкции ШМ качественно указывают данные, приведенные в [4] при получении искусственным путем в свободной воздушной атмосфере долгоживущих плазменных образований. Кроме того, в этом ряду подкрепляющих вероятные модели ШМ с внутренним микроаркасом научно-технических материалов находятся эксперименты, проведенные в лабораторных условиях и направленные на исследование возможности искусственного создания ШМ при помощи высокочастотных электрических разрядов в воздушной атмосфере [5]. Полученные в ходе этих экспериментов данные указывают на перспективность подобного направления исследований ШМ и ее искусственного генерирования.

Требуется с учетом принятых допущений разработать уточненную по сравнению с [1] электродинамическую модель ШМ и на ее основе выполнить расчетные оценки вероятных уровней тока короны, напряженности магнитного поля, электродинамических усилий и возможной скорости кругового вращения электродиполей в водной структурированной оболочке рассматриваемой микроаркасной модели ШМ.

## 2. РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ТОКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОРОНЫ В ШМ

**Расчет элементарного тока короны ШМ.** Под элементарным током короны  $i_{kЭ}$  в ШМ будем понимать радиальный ток с одиночного кругового микродипольного витка радиусом  $r_0$ . Исходя из принятых допущений и расчетного подхода, изложенного в [3] при оценке тока короны в коаксиальной воздушной системе цилиндрических металлических электродов "круглый внутренний провод-наружная труба" с зарядами противоположной полярности, для модуля элементарного тока короны  $i_{kЭ}$  в исследуемой модели ШМ запишем следующее приближенное выражение:

$$i_{kЭ} = \frac{4\pi^2 \epsilon_0 K_{и}^- U_k^2}{r_0 [\ln(r_0 \cdot r_m^{-1})]^2}, \quad (1)$$

где  $U_k = |\varphi_{e+}| = |\varphi_{e-}|$  – модуль напряжения, соответствующего началу (протеканию) электрической короны с микродиполей-сфероидов в водной оболочке ШМ;  $K_{и}^-$  – подвижность отрицательных ионов воздуха, окружающих наружный сферический слой микродиполей-сфероидов водной оболочки ШМ;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – электрическая постоянная [2];  $|\varphi_{e+}|$ ,  $|\varphi_{e-}|$  – модули электрических потенциалов краев микродиполей водной оболочки ШМ.

В принятом приближении выражению (1) согласно [3] будет соответствовать следующее соотношение для модуля напряженности  $E_k$  радиального электрического поля, отражающей начало (протекающие) короны в микродипольной модели ШМ:

$$E_k = U_k \cdot [r_m \ln(r_0 \cdot r_m^{-1})]^{-1}. \quad (2)$$

Численная оценка значений  $E_k$  по (2) показывает, что при исходных данных  $U_k = |\varphi_{e+}| = |\varphi_{e-}| = 112$  В,  $r_0 = 0,05$  м и  $r_m = 1,925 \cdot 10^{-10}$  м, ранее полученных и использованных в [1], искомый уровень напряженности  $E_k$  радиального электрического поля оказывается примерно равным  $3 \cdot 10^{10}$  В/м. Данное значение  $E_k$  приблизительно на порядок меньше уровня модуля напряженности  $E_{0H}$  сверхсильного радиального электрического поля, проявляемого снаружи исследуемой расчетной конструкции ШМ и составляющего согласно оценкам в [1] около  $7,7 \cdot 10^{11}$  В/м. В этой связи использование принятого подхода при оценке значений элементарного тока короны  $i_{kЭ}$  в ШМ не противоречит физическим данным, полученным в [1], и поэтому его можно считать вполне допустимым и приемлемым при приближенном расчете и анализе электрофизических процессов, протекающих в рассматриваемой физико-математической модели ШМ.

**Расчет полного тока короны ШМ.** Модуль полного радиального тока короны  $i_{kC}$  в микродипольной водной пространственно структурированной оболочке ШМ может быть рассчитан по следующей формуле:

$$i_{kC} = i_{kЭ} \cdot N_{Э}, \quad (3)$$

где  $N_{Э}$  – число элементарных круговых радиусом  $r_0$  микродипольных витков в оболочке ШМ.

При оценке значений  $N_{Э}$  используем нижеследующее приближенное соотношение, вытекающее из принятой геометрии ядра и оболочки ШМ:

$$N_{Э} = 0,5 \pi r_e r_m^{-1}. \quad (4)$$

Тогда на основании (1), (3) и (4) для полного тока короны  $i_{kC}$  в рассматриваемой микрокаркасной с микродиполями воды конструкции ШМ получаем:

$$i_{kC} = \frac{2\pi^3 r_e \epsilon_0 K_n^- U_k^2}{r_0 r_m [\ln(r_0 \cdot r_m^{-1})]^2}. \quad (5)$$

Из (5) при указанных выше основных исходных численных данных, характерных для исследуемой микрокаркасной электрофизической модели ШМ ( $U_k = 112$  В;  $r_0 = 0,05$  м;  $r_m = 1,925 \cdot 10^{-10}$  м;  $K_n^- = 1,8 \cdot 10^{-4}$  (м/с)·(В/м)<sup>-1</sup> [3]) для полного тока короны  $i_{kC}$  следует численное значение, равное примерно 3,43 мА. Видно, что для рассматриваемой расчетной конструкции ШМ радиальный ток ее короны в окружающий атмосферный воздух с последнего шарового слоя микродиполей оболочки, имеющих отрицательно заряженные наружные края, составляет незначительные величины. В случае постоянства этого тока короны при времени "жизни" ШМ, равном  $t_k$ , величину модуля

электрического заряда  $q_e$ , сосредоточенного внутри электронного ядра молнии, можно оценить из следующего приближенного соотношения:

$$q_e = i_{kC} \cdot t_k. \quad (6)$$

В случае, когда  $i_{kC} = 3,43$  мА и  $t_k = 60$  с из (6) вытекает, что величина заряда  $q_e$  для ШМ с принятым предельным временем ее "жизни"  $t_k$  [1] принимает численное значение около 0,2 Кл. Способен ли такой электрический заряд  $q_e$  создать вблизи электронного ядра ШМ, окруженного поляризованными микрочастицами воды, сверхсильное электрическое поле? Подставив данное значение заряда  $q_e$  в вытекающую из фундаментальной теоремы Остроградского-Гаусса [3] формулу для оценки уровня модуля напряженности  $E_{eH}$  радиального электрического поля вблизи электронного ядра ШМ радиусом  $r_e = 0,01$  м, имеющую аналитический вид  $E_{eH} = q_e (4\pi r_e^2 \epsilon_0 \epsilon)^{-1}$ , где  $\epsilon = 81$  – относительная диэлектрическая проницаемость воды [2], для  $E_{eH}$  получаем величину, численно равную  $2,22 \cdot 10^{11}$  В/м. Полученное значение  $E_{eH}$  имеет тот же порядок, что и уровень модуля напряженности  $E_{0B}$  сверхсильного радиального электрического поля в вакуумных зазорах вблизи краев микродиполь-сферидов внутри водной оболочки ШМ, численно составляющий при используемых допущениях и исходных данных согласно [1] около  $5,8 \cdot 10^{11}$  В/м. Поэтому можно вполне обоснованно заключить, что представленная выше расчетная оценка тока электрической короны в рассматриваемой микродипольной модели ШМ физически правильно описывает протекающие в ней электростатические и электродинамические процессы, что может служить дополнительным аргументом в пользу вероятной работоспособности самой предложенной в [1] микрокаркасной (микродипольной) электрофизической модели ШМ.

### 3. РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ШМ

Из закона полного тока и (1) для уровня напряженности  $H_k$  азимутального магнитного поля внутри симметричной микродипольной водной оболочки ШМ получаем следующее расчетное соотношение:

$$H_k = \frac{2\pi \epsilon_0 K_n^- U_k^2}{r_0^2 [\ln(r_0 \cdot r_m^{-1})]^2}. \quad (7)$$

После подстановки в (7) используемых нами электрических и геометрических параметров ШМ ( $U_k = 112$  В;  $r_0 = 0,05$  м;  $r_m = 1,925 \cdot 10^{-10}$  м;  $K_n^- = 1,8 \cdot 10^{-4}$  (м/с)·(В/м)<sup>-1</sup>) следует, что  $H_k$  принимает численное значение  $1,33 \cdot 10^{10}$  А/м. Как видим, из-за малых значений элементарного радиального тока короны  $i_{kЭ}$  уровень напряженности  $H_k$  азимутального магнитного поля в дипольной водной оболочке ШМ, в отличие от уровня напряженности  $E_{0B}$  сверхсильного радиального электрического поля в ней, является

также крайне незначительным. Отсюда можно сделать важный вывод о том, что в микродипольной водной оболочке ШМ с размещенным внутри нее центральным электронным ядром, как и в атоме вещества (например, в его простейшем представителе – атоме водорода) [6], преобладающую и еще более определяющую электрофизическую "роль" играют электрическое поле и соответственно законы кулоновского (электростатического) взаимодействия между ее электродинамическими элементами (электронным ядром и электронейтральными микродиполями воды со связанными поляризационными поверхностными зарядами на краях с плотностью, приближенно равной  $\sigma_e = \sigma_m = 5 e_0 / (\pi r_m^2)$  [1], где  $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}$  Кл – электрический заряд электрона [2]). Заметим, что при  $r_m = 1,925 \cdot 10^{-10}$  м указанная плотность  $\sigma_e$  поляризационных зарядов в микродиполях воды оболочки ШМ может численно составлять около  $6,88$  Кл/м<sup>2</sup>. При этом объемная плотность зарядов электронов в ядре ШМ достигает значений не менее  $4,77 \cdot 10^4$  Кл/м<sup>3</sup>.

#### 4. РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В ШМ

В соответствии с законами электродинамики уровень азимутальных лоренцевых усилий  $F_k$ , действующих в активной микрокаркасной сферической зоне ШМ между микродиполями водной оболочки с элементарным радиальным током короны  $i_{k\Omega}$ , может быть определен из следующего выражения [7]:

$$F_k = \mu_0 H_k i_{k\Omega} (r_0 - r_e), \quad (8)$$

где  $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная [2].

С учетом (1), (7) и (8) в окончательном виде расчетное соотношение для  $F_k$  можно представить как

$$F_k = \frac{8\pi^3 \epsilon_0^2 \mu_0 (r_0 - r_e) (K_{II}^-)^2 U_k^4}{r_0^3 [\ln(r_0 \cdot r_m^{-1})]^4}. \quad (9)$$

Численная оценка по (9) значений электродинамических усилий  $F_k$  приводит нас к тому, что при используемых исходных данных для структурных элементов ШМ ( $r_0 = 0,05$  м;  $r_e = 0,01$  м;  $r_m = 1,925 \cdot 10^{-10}$  м;  $K_{II}^- = 1,8 \cdot 10^4$  (м/с)·(В/м)<sup>-1</sup>;  $U_k = 112$  В) в микродипольной водной сферической оболочке молнии величина этих усилий принимает пренебрежимо малые значения порядка  $2,8 \cdot 10^{-28}$  Н. Причем, эти усилия, действующие на микродиполи воды с их взаимно противоположных сторон, при сохранении объемной однородности и симметрии в структурированной оболочке ШМ будут уравновешивать друг друга. Поэтому здесь азимутальные лоренцевые силы  $F_k$  кроме стабилизирующего воздействия в оболочке ШМ на ее водные микродиполи никакими другими проявлениями и действиями характеризоваться не будут.

#### 5. РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ МИКРОДИПОЛЕЙ В ШМ

В случае появления в микродипольной водной оболочке и электронном ядре ШМ дестабилизирующих нарушений в установившемся режиме протека-

ния исследуемого вида молнии, вызванных, например, появлением неравновесного электрического состояния в ее микрокаркасной оболочке или ослаблением кулоновского взаимодействия первого к ядру слоя диполей с центральным электронным сгустком ШМ [1], из-за действия азимутальных электродинамических усилий  $F_k$  микродиполи воды в оболочке ШМ могут приобретать круговую скорость вращения  $v_k$ . Данная скорость  $v_k$  при этом может быть приближенно рассчитана по следующей формуле [2]:

$$v_k = \frac{2\pi U_{kr}}{\mu_0 i_{k\Omega}} = \frac{r_0 U_{kr} [\ln(r_0 \cdot r_m^{-1})]^2}{2\pi \epsilon_0 \mu_0 K_{II}^- U_k^2}, \quad (10)$$

где  $U_{kr}$  – разность электрических потенциалов наружных слоев электронного ядра ( $r = r_e$ ) и внешних слоев водных микродиполей оболочки ( $r = r_0$ ) в ШМ.

В равновесном электрическом состоянии оболочки ШМ падение напряжения  $U_{kr}$  на радиальных ветвях электронейтральных микродиполей воды длиной, примерно равной  $(r_0 - r_e)$ , будет практически равно нулю. Поэтому при этом и скорость  $v_k$  их кругового вращения также будет нулевой. В иных электрических состояниях микроструктурированной оболочки ШМ для нахождения согласно (10) значений  $v_k$  требуется отдельное определение величины  $U_{kr}$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов М.И. Шаровая молния – мощный природный молекулярный накопитель атмосферного электричества. Новая гипотеза происхождения и теория электрофизического феномена // Электротехника і електромеханіка.- 2008.- №6.- С. 75-83.
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике.- М.: Наука, 1990. – 624 с.
3. Техника высоких напряжений / Под ред. Г.С. Кучинского.- СПб.: Изд-во ПЭИПК (Россия), 1998. - 700 с.
4. Фуров Л.В. Генератор автономных долгоживущих плазменных образований // Приборы и техника эксперимента.- 2004.- №5. - С. 143-144.
5. Корум К.Л., Корум Д.Ф. Эксперименты по созданию шаровой молнии при помощи высокочастотного разряда и электрохимические фрактальные кластеры // Успехи физических наук.-1990.-Т. 160.-Вып. 4. - С. 47-58.
6. Баранов М.И. Приближенный расчет сверхсильных электрических и сильных магнитных полей в атоме вещества // Электротехника і електромеханіка.- 2006.- №6.- С. 60-65.
7. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики / Отв. ред. В.К. Тартаковский.- Киев: Наукова думка, 1989. – 864 с.

Поступила 11.08.08

Баранов Михаил Иванович, д.т.н., с.н.с.

НИПКИ "Молния" Национального технического университета "Харьковский политехнический институт" Украина, 61013, Харьков, ул. Шевченко, 47, НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ" тел. (057) 707-68-41, факс (057) 707-61-33, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua