

УДК 537.523

Шаровая молния — результат самоорганизации ансамбля диамагнитных наночастиц электрон—ион в молекулярном газе

В. П. Лопасов

Представлены условия диссипативной самоорганизации шаровой молнии (ШМ) в молекулярном газе за счет регулярной коррекции упругого столкновения молекул воды и азота полем когерентной бигармонической световой волны (БСВ). Поле БСВ возникает за счет преобразования энергии разряда линейной молнии в световую энергию. ШМ состоит из двух компонент: ансамбля оптически активных диамагнитных наночастиц электрон—ион и стоячей волны эллиптической поляризации (СВЭП). Показано, что время жизни ШМ зависит от энергий, накопленных наночастицами и полем СВЭП, и от устойчивости автоколебания энергий между наночастицами и СВЭП.

PACS: 52.80.Mg, 42.50.Gy, 33.55.+b

Ключевые слова: двухмерная обратная связь, столкновение молекул, бигармоническая световая волна, наносистема электрон-ион.

Введение

На сегодняшний день существует множество моделей ШМ [1—6], но нет общепризнанной, где механизм образования этого природного явления количественно объясняет все наблюдаемые свойства. Анализ многообразия условий образования (грозовая атмосфера, разряд в розетке, радио или телефоне), наблюдаемых свойств (характер движения, время жизни, упругость) и разряда (диапазон наблюдаемой энергии) ШМ приводит к трем основным предположениям.

1. Механизм образования ШМ должен быть универсальным.

2. ШМ образуется при условиях, когда вероятные фотопроцессы в молекулах атмосферы минимизируются, а маловероятные — становятся вероятными.

3. Принцип самоорганизации ШМ должен быть одинаковым.

Предположения могут стать реальностью при неравновесных макропараметрах атмосферы, обеспечивающих мультиплетное расщепление высоких колебательно-вращательных (КВ) состояний молекулы H_2O полем упругого столкновения молекул с участием БСВ определенной асимметрии (по интенсивности двух полей $I_{1q} / I_{2q} \neq 1$ и частот

$v_{1q} / v_{2q} \neq 1$) [7]. Здесь $q=0, 1, \dots, q^* \approx 2v_{sq=0} / |\Delta v_{q=0}| \approx 10^4 - 10^6$ — номер шага $T_{sq \geq 0} / 4 \approx 10^{-15}$ с электрической и магнитной компонент поля БСВ. Именно при таких условиях было обнаружено [8] увеличение на четыре порядка интенсивности составных (слабых) КВ-переходов молекулы H_2O в слабом поле БСВ π -поляризации по сравнению с традиционным результатом [9]. Результат [8] выходит за рамки дипольного приближения для двух- и трехуровневых Λ , Ξ -схем формирования уширения КВ-переходов активных молекул H_2O столкновениями с буферными молекулами N_2 [10]. Согласно [11] результат [8] реализуется за счет механизма нелокальной двухмерной обратной связи (ДОС) между флуктуациями энергии эффектов Штарка на разности $|\Delta v_{q \geq 0}|$ и Зеемана на сумме $2v_{sq \geq 0}$ частот БСВ π -поляризации.

Механизм ДОС [9] "зарождается" в $N_{H_2O}^{(4)}$ молекулах и изменяет их состояние по V -схеме

$$4_{-3}(000) \rightarrow 4_{-2}(000) \leftrightarrow 5_{-4}(103), \quad (1)$$

объединяющей разрешенной электродипольный низкочастотный $4_{-3}(000) \rightarrow 4_{-2}(000)$ и смежный запрещенный магнитный мультипольный высокочастотный $4_{-2}(000) \leftrightarrow 5_{-4}(103)$ КВ-переходы через низшее состояние. Здесь $N_{H_2O}^{(4)}$ — концентрация молекул H_2O на старте $4_{-3}(000)$; низшее состояние $4_{-2}(000)$ — результат расщепления уровня $J = 4$ на $2\Delta_{JKq=0}$ из-за центробежного растяжения H_2O [12].

Лопасов Владимир Павлович, профессор.
Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН.
Россия, 634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1.
E-mail: lopas@iao.ru

Статья поступила в редакцию 20 сентября 2010 г.

Механизм ДОС может стимулировать самоорганизацию ШМ в многослойном (по числу зон Френеля) "оптическом соленоиде-резонаторе", заполненном молекулярным газом ($N_{N_2} + N_{H_2O}^{(4)}$) при флуктуациях энергии коллектива электрических $\mathbf{D}_{\perp q}^c + \mathbf{D}_{x\perp q} + \mathbf{D}_{R\perp q} \rightarrow \mathbf{D}_{\perp*}$ и магнитных $\mathbf{B}_{\parallel q}^c + \mathbf{B}_{y\parallel q} + \mathbf{B}_{R\parallel q} \rightarrow \mathbf{B}_{\parallel*}$ компонент поля: упругого столкновения молекул (УСМ) H_2O и N_2 , БСВ и релеевского рассеяния. "Зарождаясь" в молекулах H_2O , механизм ДОС преобразует энергию УСМ H_2O с N_2 и энергию вращательно-поступательного движения молекул H_2O на частоте электродипольного перехода V -схемы в диамагнитную энергию на частоте смежного магнитного мультипольного перехода в (1). При этом внешний электрон молекул H_2O анизотропно накапливает электрическую и диамагнитную энергию с шагом $T_{sq \geq 0} / 4 \approx 10^{-15}$ с ортогонально и вдоль оси Z многослойного "оптического соленоиде-резонатора" в процессе УСМ H_2O с N_2 . Возникает анизотропия и динамическая неустойчивость молекул H_2O . Траектории электрона и иона молекул H_2O расходятся до критической величины и в открытом "оптическом соленоиде-резонаторе" самоорганизуются: СВЭП и ансамбль оптически активных диамагнитных наночастиц (ОАДН) электрон-ион на параметрически индуцированном магнитодипольном нежестком электронном переходе (НЭП) обменного типа — магнитооптический аналог естественного НЭП обменного типа [13].

Цель настоящей работы — обосновать условия на коллектив флуктуирующих полей (сил Лоренца и Кориолиса), при которых участие поля БСВ в процессе УСМ H_2O и N_2 приводит в момент t_q'' к "зарождению" в молекулах H_2O механизма ДОС, реализующего диссипативную самоорганизацию [14] ШМ за время $\Delta t_{0*}' \sim 1/|\Delta v_*| \approx 10^{-12}$ с, меньше длительности УСМ $\tau_{ecq} \sim 10^{-11}$ с.

Условия "зарождение" механизма ДОС в молекулах водяного пара

Физической основой "зарождения" механизма ДОС в $N_{H_2O}^{(4)}$ молекулах, стартующих по V -схеме КВ-переходов типа (1), является сочетание дисперсии оптического вращения [15] и флуктуаций энергии коллектива полей: УСМ H_2O и N_2 , БСВ со знакопеременной амплитудно-фазовой модуляцией и релеевского рассеяния полей на молекулах H_2O . При определенных условиях в молекулах

H_2O возникает двухмерная (во времени и пространстве) корреляция отклика электрона и иона на действие коллектива полей. Эффективность двухмерной корреляции отклика электрона и иона зависит от степени выполнения следующих условий.

- Фазовое макропространство открытого "оптического соленоиде-резонатора" в форме произведения длины когерентности $\Delta z_{\parallel*}$ БСВ на площадь максимальной зоны Френеля

$$\Delta V_{q=0} \rightarrow \Delta V_* \approx \Delta z_{\parallel*} \pi R_{nf\perp}^2 \quad (2)$$

задает рабочий объем ШМ, где будет формироваться комплексный показатель преломления молекулярного газа в координатах время—пространство. Здесь $R_{nf\perp}^2$ — радиус максимальной зоны Френеля при их общем числе $n_{f\perp*} \approx R^2 / (\lambda_{s*} \Delta z_{\parallel*})$, радиусе R пучка БСВ и $n_{f\parallel*} \approx \Delta z_{\parallel*} / \lambda_{s\parallel*}$ — число витков "оптического соленоиде-резонатора".

- Коллектив полей, нарушающий электронную симметрию молекул H_2O в фазовом нанопространстве V -схемы переходов (1) за счет УСМ H_2O и N_2 , распределяется в открытом объемном резонаторе (2) в масштабе энергия—время порядка постоянной Планка

$$\delta U_q \delta t_q = \delta r_q \delta p_q \approx \hbar. \quad (3)$$

В этом случае компоненты поля УСМ $\mathbf{D}^c(\mathbf{r}_{\perp q}, t_q')$ и $\mathbf{B}^c(\mathbf{r}_{\parallel q}, t_q')$, индуцируя электрический $\delta \mathbf{d}_{e\perp q}^c \approx \delta \alpha_{\perp q} \mathbf{D}_{\perp q}^c$ и диамагнитный $\delta \mathbf{d}_{m\parallel q}^c \approx -\delta \chi_{d\parallel q} \mathbf{B}_{\parallel q}^c$ дипольные моменты в молекулах H_2O , снимают вырождение фотонов БСВ π -поляризации в момент $t_{q=0}'$ и в моменты $t_{q \geq 0}'$ к несущей частоте ν_s компонент $\mathbf{D}_{x\perp q}$, $\mathbf{B}_{y\parallel q}$ поля БСВ σ^\pm -поляризации добавляется знакопеременная амплитудная модуляция на частоте $\Delta \nu_q = \pm \Omega^c(\mathbf{r}_{\perp q}, t_q') = \pm \Omega_{\perp q}^c \rightarrow \pm \Omega_{L\perp*}$. На частоте $\pm \Omega_{L\perp q}$ в молекулах H_2O формируется прецессионный диамагнетизм. Здесь $\delta \alpha_{\perp q}$ и $-\delta \chi_{d\parallel q}$ — флуктуации электрической поляризуемости и диамагнитной восприимчивости молекулы H_2O в поле УСМ; $\mathbf{r}_{\perp q=0} \rightarrow \lambda_{s\perp*} / 4$ и $\mathbf{r}_{\parallel q=0} \rightarrow \lambda_{s\parallel*} / 2$ — радиусы-векторы, проведенные из начала координат H_2O ортогонально и вдоль вектора $\mathbf{B}_{\parallel q}$ в точку нахождения электрона в моменты времени $t_q' = (q - 1/2) T_{sq} / 2$ и $t_q'' = q T_{sq} / 2$.

- Шаг поля БСВ во времени, меньший памяти внешнего электрона [16] молекул H₂O

$$T_{sq} / 4 \leq \delta t_e \approx h / U_{H_2O} \approx 10^{-15} \text{ с}, \quad (4)$$

задает режим коррекции УСМ и самоорганизации "оптического соленоида-резонатора" (2) путем потосцепления $\Psi = N_{H_2O}^{(4)} \sum \Phi_{nf}$ магнитных потоков Фарадея через $N_{H_2O}^{(4)}$ подвижных "рамок с током" в области дисперсии оптического вращения переходов (1). Здесь U_{H_2O} — энергия ионизации молекул H₂O; $n_{f\perp}$ — номер зоны Френеля в открытом объемном резонаторе (2).

- Двухмерный параметрический резонанс (ДПР) между переходами (1) молекул H₂O и флуктуациями энергии БСВ на частотах $\Delta v_{q \geq 0}$, $2v_{sq \geq 0}$ при соотношении интенсивностей и частот

$$I_{1q} / I_{2q} \neq 1 \text{ и } v_1 / v_2 \neq 1 \quad (5a)$$

корректирует в моменты $t''_{q \geq 0}$ отклик электрона $\delta \alpha_{\perp q} \rightarrow$, $-\delta \chi_{d\parallel q} \rightarrow$ и иона $\alpha_{i\perp q} \rightarrow$ молекул H₂O за счет изменения фазовой $v_{p\perp q} \rightarrow$, групповой $v_{g\perp q} \rightarrow$ скорости и частот $\Delta v_q \rightarrow$, $2v_{sq} \rightarrow$ БСВ.

Как следствие, в моменты $t''_{q \geq 0}$ к прецессионному диамагнетизму молекул H₂O регулярно ($T_{sq}/4$) и когерентно добавляется поляризационный диамагнетизм [17] относительно аксиального вектора $\mathbf{B}_{\parallel q \geq 0}$ в объемном резонаторе (2) в процессе изменения несущей частоты $v_{sq} \approx v_s \mp \Omega(r_{\parallel q}, t''_q) \rightarrow v_{s*} \approx v_s \mp \Omega_{P\parallel*} \approx \text{const}$ в моменты t''_q . Здесь $\mp \Omega(r_{\parallel q}, t''_q) \approx \mp \Omega_{БСВq} \rightarrow \mp \Omega_{P\parallel*}$ — частота фазовой модуляции БСВ.

Анализ показывает, в этом случае шесть сил Лоренца и сила Кориолиса *неаддитивно* во времени и пространстве складываются в молекулах H₂O и они откликаются как *целое* в объемном резонаторе (2) на действие коллектива сил *с повышением упорядоченности* молекулярного газа. В молекулах H₂O уменьшается скорость переноса интерференционной картины коллектива полей $\mathbf{v}_{g\parallel q}$ до скорости внешнего электрона $\mathbf{v}_{gq} \rightarrow \mathbf{v}_{g*} \approx \mathbf{v}_{e\perp\parallel*}$ и растет фазовая скорость БСВ $\mathbf{v}_{p\perp q}$, что приводит к росту крутизны действительной и абсолютной величины мнимой части показателя преломления среды на переходе $4_{-2}(000) \leftrightarrow 5_{-4}(103)$ (1). Как следствие, состояние молекул H₂O изменяется по *V*-схеме разрешенного электродипольного перехода $4_{-3}(000) \rightarrow 4_{-2}(000)$ и слабо разрешенного маг-

нитного мультипольного перехода $4_{-2}(000) \leftrightarrow 5_{-4}(103)$ через низшее состояние (1). Каждая молекула H₂O приобретает свойство пространственно распределенной амплитудно-фазовой ловушки движения своего электрона и иона в объемном резонаторе (2). Четное число $4 \sum_{q=0}^{q*} q T_{sq} / 4$ полупериодов $T_{sq} / 2$ стремится стать равным одному периоду амплитудной модуляции $\Delta t'_{0*} = 1 / |\Omega_{L\perp*}|$ и задает двухмерный цикл изменения положения и мультиплетного расщепления уровней (1) молекул H₂O

$$\Delta t'_{0*} = 4 \sum_{q=0}^{q*} q T_{sq} / 4 \approx 10^{-12} \text{ с} < \tau_{ec*} \sim 10^{-11} \text{ с}. \quad (5b)$$

- Если число буферных молекул N_{N_2} , фотонов БСВ N_{phot} и $N_{H_2O}^{(4)}$ насыщенного водяного пара в объеме (2) составляют соотношение

$$N_{N_2} \geq N_{phot} \geq N_{H_2O}^{(4)}, \quad (6)$$

то коллективная частота столкновения $\sum_{q=0}^{q*} (qv_R + v_{103})$ молекул H₂O и N₂ попадет в параметрический резонанс к магнитному мультипольному переходу $4_{-2}(000) \leftrightarrow 5_{-4}(103)$ (1). Здесь v_R — частота столкновения молекул H₂O и N₂ вне условий (1)–(6).

В этом случае поле БСВ σ^\pm -поляризации, упорядочивая структуру амплитудно-фазовых ловушек в моменты $t'_{q \geq 0}$ и $t''_{q \geq 0}$, готовит в объемном резонаторе (2) амплитудно-фазовую зонную пластинку Френеля с криволинейным профилем. Зонная пластинка играет роль "плоской линзовой системы" (магнитооптический аналог "плоской линзы" [18]), обеспечивающей идеальные фазовые соотношения между волнами коллектива полей — четные и нечетные зоны "работают в фазе". В каждой молекуле H₂O реализуется режим поперечно-продольной двухмерной автофазировки прецессионно-поляризационного движения электрона и иона (магнитооптический аналог автофазировки заряженных частиц в синхротроне [19]) относительно оси (2).

Скорости двухмерного отклика электрона и иона на действие коллектива полей сравниваются со скоростью анизотропного накопления электроном энергий и орбитального момента в коллективе полей. Как следствие, во всех молекулах H₂O на одном из шагов $T_{sq} / 4 \approx 10^{-15}$ с "зарождается" механизм ДОС между колебаниями энергии эффекта

Штарка $\delta U_{St\perp q} \approx \delta d_{e\perp q}^c \mathbf{D}_x(\mathbf{r}_{\perp q}, t_q)$ на частоте амплитудной модуляции $\pm\Omega_{L\perp q}$ и энергии Зеемана $\delta U_{Z\parallel q} \approx -\delta d_{m\parallel q}^c \mathbf{B}_y(\mathbf{r}_{\parallel q}, t_q)$ на несущей частоте ν_{sq} с частотой фазовой модуляции $\mp\Omega_{p\parallel q}$.

Принцип самоорганизации ШМ диамагнитной природы

Шаровая молния самоорганизуется в молекулярном газе за счет механизма ДОС, резонансно усиливающего коррекцию упругого столкновения молекул полем БСВ. Механизм ДОС регулярно, когерентно и резонансно подстраивает скорость внешнего электрона молекул H_2O , фазовую скорость БСВ и скорость переноса интерференционной картины коллектива полей к определенной фазе, зависящей только от изменения крутизны вращательной дисперсии $\pm\Omega_{L\perp q} dn_{\pm\perp q}/d\nu_{sq}$ молекул H_2O на мультиплетно расщепляемом переходе $4_{-2}(000) \leftrightarrow 5_{-4}(103)$ (1). При этом поляризуемость и диамагнитная восприимчивость молекул H_2O анизотропно формируется в малых углах ортогонально $\delta\alpha_{\perp q} \rightarrow \alpha_{\perp*}$ и параллельно $-\delta\chi_{d\parallel q} \rightarrow -\chi_{d\parallel*}$ оси открытого "оптического соленоида-резонатора". Поскольку время релаксаций $\tau_{R-R} \approx 10^{-10}$ с и $\tau_{R-T} \approx 10^{-8}$ с молекулы H_2O больше длительности ее упругого столкновения $\tau_{ecq} \approx 10^{-11}$ с [20], то молекулы H_2O , "замораживая" свое вращательно-поступательное движение и накапливая критические энергии

$$N_{\text{H}_2\text{O}}^{(4)} \sum_{q=0}^{q*} q \delta U_{St\perp q} \gg N_{\text{H}_2\text{O}}^{(4)} \sum_{q=0}^{q*} q \delta U_{Z\parallel q} \gg \gg N_{\text{H}_2\text{O}}^{(4)} h B_{q=0}, \quad (7)$$

эволюционируют в ОАДН электрон-ион за время (5б): ионы локализируются на подуровне $4_{-2}(000)$, а электроны — на мультиплетно расщепленном уровне $5_{-4}(103)$. Здесь $B_{q=0}$ — вращательная постоянная молекулы H_2O .

Одновременно в нанопространстве мультиплетно расщепленных и смешанных уровней перехода $4_{-2}(000) \leftrightarrow 5_{-4}(103)$ наночастиц электрон-ион параметрически индуцируется магнитодипольный неравновесный НЭП обменного типа. При этом бегущая управляющая БСВ σ^\pm -поляризации эволюционирует в СВЭП, которая связывает диамагнитные наночастицы электрон-ион в ансамбль. Поскольку в СВЭП пучности $\mathbf{D}_{\perp*}$ совпадают с узлами $\mathbf{B}_{\parallel*}$, и наоборот (как в резонаторе

лазера), то колебания векторов $\mathbf{B}_{\parallel*}$ и $\mathbf{D}_{\perp*}$, сдвинутые во времени на $T_{s*}/4$, связывают колебания ионов на частоте $\pm\Omega_{L\perp*}$ по радиусу зон Френеля. Распределения амплитуд $\mathbf{B}_{\parallel*}$ и $\mathbf{D}_{\perp*}$, смещенных на $\lambda_{s*}/4$, связывают высокочастотное ν_{s*} поляризационное и низкочастотное $\pm\Omega_{L\perp*}$ прецессионное движения внешних электронов на поверхности зон Френеля. Ансамбль наночастиц в объемном резонаторе (2) имеет на магнитодипольном НЭП: комплексный показатель преломления $n(\pm\Omega_{L\perp*}, \lambda_{s\parallel*}) \approx n'_{\pm\perp*} - i2\pi\chi_{d\parallel*}(N_{\text{I}2}^{(4)} + N_{\text{N}2})$; выстроенные проекции орбитальных моментов на направление вектора $\mathbf{B}_{\parallel*}$ СВЭП и свойство кругового двулучепреломления.

Если в момент $\Delta t'_{0*} \pm T_{s*}/4$ действие БСВ закончится, например из-за прекращения разряда линейной молнии, то многослойный "оптический соленоид-резонатор" с $n_{\parallel*}$ витками приобретает свойство диамагнитной макроловушки типа "замороженный газ". В "оптическом соленоиде-резонаторе" синтезируется комплексный показатель преломления среды в форме "ОАДН-СВЭП" с квантово-упорядоченной наноструктурой. Это и есть ШМ. Анизотропные наночастицы ШМ имеют размер $\lambda_{s\perp*}/2$ на $\lambda_{s\parallel*}$ и упорядочены в зонах Френеля "оптического соленоида-резонатора" в шахматном порядке. Напряженность магнитного поля на оси "оптического соленоида-резонатора", содержащего $n_{\parallel*}$ витков с током I , равно $H = n_{\parallel*}I$ при нулевом спадаении вдоль оси за счет потоко-сцепления индукции (закон Био-Савара для соленоида).

"Оптический соленоид-резонатор" поворачивается положительным (северным) торцом зон Френеля к земле под действием ее поля, поля СВЭП, поля окружающей среды и принимает форму, соответствующую конфигурации этих полей. Накопительный режим механизма ДОС преобразуется в режим автоколебания энергий между ансамблем ОАДН и СВЭП. Автоколебание энергий сопровождается циркуляцией переменных высокочастотных $\nu_{s*} \approx \text{const}$ и низкочастотных $\mp\Omega_{p\parallel*} \approx \pm\Omega_{L\perp*} \approx \text{const}$ вихревых токов в "оптическом соленоиде-резонаторе". Именно вихревые токи, циркулирующие на поверхности зон Френеля диамагнитной ШМ, обеспечивают ее устойчивость в атмосфере. ШМ обладает значительной индуктивностью и малым активным сопротивлением и емкостью.

Диамагнитная природа ШМ позволяет качественно и количественно объяснить свойства наблюдаемой ШМ, например характер ее движения.

Диаманитная ШМ — зеркальный многослойный "оптический соленоид-резонатор" движется по градиенту магнитного поля конкретной местности как диамагнетик, имеющий плотность на уровне плотности воздуха. Диаманитная ШМ выталкивается из мест с большей напряженностью к месту с меньшей напряженностью магнитного поля. Не останавливаясь на качественном и количественном объяснении других свойств ШМ, оценим время ее жизни.

Время жизни ШМ диаманитной природы

Время жизни ШМ зависит от кинетической и диаманитной энергии, накопленной ансамблем диаманитных наночастиц электрон-ион и СВЭП, а также от радиационных потерь $\gamma_{rad} \approx (2e^2\Omega_{\perp||}^2) / (3m_e c^3)$ в процессе автоколебания энергий. Устойчивость автоколебания энергий слабо зависит от взаимодействия диаманитной ШМ с атмосферой, в том числе из-за нулевого спада напряженности магнитного поля вдоль оси "оптического соленоид-резонатора" при большом поверхностном токе в каждой зоне Френеля. В нулевом приближении энергию, запасенную полем СВЭП, не учитываем и считаем, что ШМ при разряде выделяет только энергию (7), законсервированную в ансамбле наночастиц. Используя условия эксперимента [8], оценим время жизни ШМ по уменьшению ее энергии за счет радиационных потерь до $N_{H_2O}^{(4)} h B_{q=0}$ (7).

Примем $\Delta z^* \approx 0,4$ м, $2R \approx 0,3$ м, $2\Delta_{JKq=0} \approx 3,456 \cdot 10^8$ с⁻¹, несущую $v_{s*} = 4,32 \cdot 10^{14}$ с⁻¹ с $\mp \Omega_{P*} \approx \pm \Omega_{L\perp*} = B_{q=0} = 4,2 \cdot 10^{11}$ с⁻¹, $q^* = 2,5 \cdot 10^6$, $N_{N_2} \approx 5,3 \cdot 10^{21}$, $N_{phot} \approx 2 \cdot 10^{18}$, $N_{H_2O}^{(4)} \approx 10^{16}$ и получим ШМ с параметрами: $\Delta V_* \approx 3,1 \cdot 10^{-2}$ м³ и $R_{нфМ*} \approx 0,154$ м при числе зон $n_f \approx 8 \cdot 10^4$ и $\gamma_{rad} \approx 0,35$ н⁻¹. Кроме того, получим $\delta U_{St\perp q} \approx 1,4 \cdot 10^{-25}$ Дж при $\delta \alpha_{\perp q} \approx 1,4 \cdot 10^{-27}$ м³, $D_{\beta\perp q}^c \approx 10^{-4}$ Кл/м², $D_{x\perp q} \approx 10^6$ Å и $\delta U_{zq} \approx 10^{-26}$ Дж при $\delta \chi_{dq} \approx -10^{-30}$ м³, $B_q^c \approx 1$ Тл, $B_{yq} \approx 10^4$ А/м. Накопив энергию (7) $5,6 \cdot 10^3$ Дж $\gg 4 \cdot 10^2$ Дж $\rightarrow \rightarrow 5,5$ мкДж, ШМ может уменьшать ее за счет радиационных потерь

$$N_t \approx N_0 \exp(-\gamma_{rad} t) \cos(2\pi v_{s*} t) \quad (8)$$

до критической величины 5,5 мкДж. Показатель $N_t / N_0 \approx 10^{-7}$ характеризует этап жизни ШМ за счет уменьшения фотонов $h\nu_{s*} \approx 2,8 \cdot 10^{-19}$ Дж, накопленных ансамблем ОАДН на НЭП обменного типа. Из (8) следует, что время жизни ШМ, самоорганизованной на НЭП, равно $\tau_{FB} \approx 50$ с.

Заключение

В работе обоснованы условия, при которых в молекулах H₂O "зарождается" механизм ДОС, который реализует диссипативную самоорганизацию диаманитной ШМ в молекулярном газе (H₂O+N₂). Механизм ДОС универсальный, и ШМ самоорганизуется так, что ее размер, энергоемкость и время жизни зависят от типа V-схемы переходов, исходных частот и интенсивностей БСВ, а также от состава и макропараметров молекулярного газа. Конкретная V-схема КВ-переходов молекулы H₂O и конкретный коллектив полей позволяют качественно объяснить характер движения ШМ, выполнить оценку времени ее жизни и поставить эксперимент для изучения свойств ШМ.

Диаманитная ШМ может часто появляться в реальной атмосфере по двум причинам. Во-первых, молекула H₂O содержит в УФ- и видимом диапазоне частот множество V-схем КВ-переходов, позволяющих реализовать диаманитную ШМ в коллективе полей. Во-вторых, вращательные переходы H₂O также могут образовать V-схему переходов для "зарождения" механизма ДОС. Причина редкого появления ШМ в реальной атмосфере состоит в малой вероятности одновременного выполнения сформулированных условий, имеющих не жесткие, но взаимосвязанные границы реализации.

В лаборатории эти условия можно реализовать на экспериментальном стенде, включающем два коммерчески доступных лазера, кювету с исследуемым молекулярным газом и приборы регистрации спектра переизлучения молекулярного газа. Подчеркнем, формирование когерентного состояния динамической макросистемы ансамбль "ОАДН-СВЭП" в условиях реальной атмосферы может найти широкое применение в различных областях науки и техники. Автор планирует специальные публикации по этим вопросам.

Автор благодарен В. Г. Багрову, В. Т. Калайде, М. М. Макогону и В. Н. Черепанову за помощь и полезные дискуссии.

Л и т е р а т у р а

1. Стаханов И. П. О физической природе шаровой молнии. — М.: Атомиздат, 1979.
2. Barry J. D. Ball lightning and bead lightning. — N.Y.; L.: Plenum Press, 1980.
3. Смирнов Б. М. // УФН. 1992. Т. 162. № 8. С. 43.
4. Никитин А. И. // Хим. физика. 2006. Т. 25. № 3. С. 18.
5. Шабанов Г. Н., Жеребцов О. М., Соколовский Б. Ю. // Там же. № 4. С. 74.
6. Асхабов А. М. // ДАН. 2008. Т. 418. № 5. С. 611.
7. Лопасов В. П. // Опт. атм. и океана. 1987. Т. 10. № 9. С. 996.
8. Зуев В. Е., Лопасов В. П., Макогон М. М. // ДАН СССР. 1971. Т. 199. С. 1041.
9. Тихомиров А. Б., Пташник И. В., Тихомиров Б. А. // Опт. и спектр. 2006. Т. 101. С. 86.
10. Robert D., Vonamy J. // J. de Physique. 1979. V. 40. No. 4. P. 923.
11. Способ синтеза оптически активной диамагнитной среды: Пат. 2320979. Россия. МПК. G 01 N 21/00/Лопасов В. П. Заявл. 28.03.2006; Опубл. 27.03.2008. Бюл. № 9. С. 1.
12. Быков А. Д., Макушкин Ю. С., Улеников О. Н. Колебательно-вращательная спектроскопия водяного пара. — Н-ск.: Наука, 1989.
13. Буренин А. В. Симметрия квантовой внутримолекулярной динамики. — Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2006.
14. Климонтович Ю. Л. Введение в физику открытых систем. — М.: Янус-К, 2002.
15. Физический энциклопедический словарь. — М.: "БРЭ", 1995. С. 168.
16. Ильинский Ю. А., Келдыш Л. В. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. — М.: МГУ, 1989.
17. Вонсовский С. В. Магнетизм. — М.: Наука, 1971.
18. Ахманов С. А., Никитин С. Ю. Физическая оптика. — М.: МГУ, 2004.
19. Векслер В. И. // ДАН СССР. 1944. Т. 43. № 8. С. 444.
20. Флайгер У. Строение и динамика молекул. — М.: Мир, 1982. Т. 2.

Fireball as a result of self-organization of the diamagnetic electron-ion nanoparticles ensemble in molecular gas

V. P. Lopasov

V. E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, SB of RAS, 1 Academician Zuev sq.,
634021, Tomsk, 634021, Russia
E-mail: lopas@iao.ru

It is presented the conditions of the fireball (FB) dissipative self-organization in molecular gas by means of the regular correcting the springy collision of the molecules of water and nitrogen by floor coherent bi-harmonic light wave (BLW). A field of the BLW is transformation of the discharge linear lightning to energy of the light wave. The fireball consists of two components: an ensemble of optically active diamagnetic open electron-ion nanoparticles and a standing wave of elliptic polarization (SWEP). It is demonstrated that the FB lifetime depends on the nanoparticles energies accumulated in the process of elastic collision molecules of water with buffer nanoparticles and on the stability of accumulated energy self-oscillations between the nanoparticles and the SWEP.

PACS: 52.80.Mg, 42.50.Gy, 33.55.+b

Keywords: two-dimensional relationship, collision of the molecules, bi-harmonic light wave, electron-ion nanoparticles.

Bibliography — 20 references.

Received September 20, 2010

* * *