

УДК 523.6

Ф. И. Кравцов, И. В. Лукьяник

Астрономическая обсерватория
Киевского национального университета им. Тараса Шевченко
04053 Киев-53, ул. Обсерваторная 3

Возможный механизм вспышек блеска комет

Рассматривается механизм вспышек блеска комет основанный на селективном поглощении солнечного ультрафиолетового излучения атомами водорода головы кометы. Этот процесс приводит к различному влиянию на родительские и дочерние молекулы в околоядерной области головы кометы. В результате при определённых физических условиях в кометной коме увеличение электронной температуры может привести к вспышке блеска кометы.

МОЖЛИВИЙ МЕХАНІЗМ СПАЛАХІВ БЛИСКУ КОМЕТ, Кравцов Ф. І., Лук'яник І. В. — Розглядається механізм спалахів блиску комет, який ґрунтується на селективному поглинанні сонячного ультрафіолетового випромінювання атомами водню голови комети. Цей процес призводить до різного впливу на батьківські та дочірні молекули в навколядерній області голови комети. Внаслідок цього при певних фізичних умовах у кометній комі збільшення електронної температури може привести до спалаху блиску комети.

A POSSIBLE MECHANISM OF COMET BRIGHTNESS OUTBURSTS, by Kravtsov F. I., Lukyanyk I. V. — We propose a mechanism of comet brightness outbursts which is based on the process of selective absorption of solar ultraviolet radiation by a hydrogen cometary head. This process provides different radiation influence on the parent and daughter molecules in the near-nucleus region of the cometary head. As a result, under certain physical conditions in the cometary coma, a increase in electronic temperature can cause an outburst of cometary brightness.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что на плавное изменение блеска кометы с изменением ее гео- и гелиоцентрического расстояний накладываются флуктуации

(<0.5^m) и вспышки (ослабления). Так, комета Донати в 1858 г. неожиданно начала то увеличивать, то уменьшать свою яркость через интервалы времени, кратные 4.6 ч. Комета Тутля — Джакобини — Крессака (1973 г.) после прохождения перигелия увеличила свою яркость в 10 000 раз, а потом в течение двух недель ее блеск уменьшился до прежней величины. Блеск кометы Понса — Брукса в 1884 г. увеличивался в 1000 раз каждые 3 часа. В 2007 г. блеск кометы 17/P Холмса увеличился почти в миллион раз. Наиболее приметной является комета Швассмана — Вахмана, которая часто изменяет свой блеск без всяких видимых причин. Большое количество накопленных спектральных данных, полученных во время вспышек комет, позволило сделать вывод, что вспышки блеска сопровождаются усилением непрерывного спектра, что объясняется повышением концентрации пыли. Для объяснения такого поведения комет было предложено довольно большое количество механизмов вспышек блеска. Анализ большинства из них можно найти в работе [2]. Однако есть ряд наблюдений вспышек блеска комет, выполненных Н. Бобровниковым, который показывает усиление только эмиссий без усиления континуума. К таким наблюдениям можно добавить также наблюдения вспышек комет 41/P (1973 VI) Тутля — Джакобини — Крессака ($m \sim 9^m$), 12P Понса — Брукса. Во время спектральных наблюдений И. Р. Бейтришвили 6 февраля 1970 г. в спектре кометы C/1969 T1 Таго — Сато — Косаки была видна сильная эмиссия в полосах Свана.

В нашей работе предлагается механизм как вспышек, так и флуктуации блеска комет в эмиссионных полосах на основе селективного поглощения водородной головой кометы падающего излучения Солнца.

ВОДОРОДНАЯ КОМА КОМЕТЫ

Поскольку вода является преобладающей составляющей кометного ядра, то очевидно, что должна наблюдаться протяжённая водородная кома как продукт фотодиссоциации молекул воды. К сожалению, большинство эмиссионных линий водорода, которые возникают вследствие резонансного рассеивания солнечной УФ-радиации, приходится на участок спектра < 121.6 нм, и не могут наблюдаться с поверхности Земли. Лишь в 1970 г., когда начались наблюдения с Орбитальной астрономической обсерватории (ОАО-2), было подтверждено наличие водородной комы размером до 10^7 км в комете C/1969 (Таго — Сато — Косаки), C/1969 (Беннетта) и комете Энке 1971 г. Бламонт и Фестоу [15] в 1974 г. наблюдали в УФ-лучах комету C/1973 E1 (Когоутека) с борта самолёта. Полагая, что скорость v молекул воды и продукта ее диссоциации OH равна 1 км/с, они получили время жизни OH = $(4.8 \pm 1) \cdot 10^4$ с. Атомы водорода возникают вследствие фотодиссоциации молекул H₂O и OH. В первом случае возникают медлен-

ные атомы водорода со скоростями меньше 3 км/с. Во втором случае, поскольку фотодиссоциация молекул ОН происходит на больших расстояниях, уже во внешней короне возникают атомы водорода со скоростями порядка 8 км/с. Эти быстрые атомы водорода успевают пройти большие дистанции до разрушения и, таким образом, определяют протяжённость водородной комы.

Атомы водорода разрушаются вследствие фотоионизации солнечным УФ-излучением ($\lambda < 91.2$ нм) и перезарядки с протонами солнечного ветра. Время их жизни на расстоянии 1 а. е. равно

$$t_H = \frac{1}{J_{ex} F_p} \approx 2.7 \cdot 10^6 \text{ с,}$$

где $J = 7 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ — скорость фотоионизации на 1 а. е., $F_p = 2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ — площадь сечения перезарядки, $F_p^{ex} = 1.5 \cdot 10^8 \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$ — поток солнечных протонов на 1 а. е. [14]. Соответственно значение радиуса водородной комы будет равно $R_H = \frac{v_H}{J_{ex} F_p} \approx 10^6 \dots 10^7 \text{ км}$. Атомы водорода, возникшие в результате фотодиссоциации H_2O , достигают $3/8$ этого расстояния. Следовательно, внутренняя водородная корона состоит как из быстрых, так и медленных атомов водорода, а внешняя — только из быстрых.

Необходимо отметить, что в кометной астрономии изучение водородной комы активно проводилось только после ее открытия в 1970-х гг., а в настоящее время уделяется мало внимания. В данной работе делается попытка на основе теоретической модели объяснить происхождение вспышек и флуктуаций блеска комет.

МОДЕЛЬ ВСПЫШКИ БЛЕСКА КОМЕТ

В самом общем виде интегральная яркость I кометы в спектральной полосе излучения некоторой молекулы равна

$$I = K^2 Q, \quad (1)$$

где K — коэффициент пропорциональности, зависящий от физических констант, Q — производительность ядром кометы светящихся молекул данного вида, τ — их среднее время жизни в голове кометы под воздействием лучевой и корпускулярной радиации Солнца. Из (1) следует, что вспышку блеска может вызвать как быстрое увеличение Q , так и значительное увеличение τ . Большинство предложенных механизмов вспышек блеска комет в той или иной мере используют изменение Q , и очень редко (например [2]) — изменение времени жизни светящихся молекул под воздействием изменяющейся УФ-радиации Солнца. В последнем случае, исходя из предположения, что ультрафиолетовая радиация Солнца одинаковым образом воздействует как на родительские, так и на дочерние (светящиеся) молекулы, О. В. Добровольский [4] показал, что амплитуда вспышки блеска

кометы не может превышать 0.75^m . Следует отметить, что и в первом случае трудно объяснить вспышки блеска большой амплитуды. Между тем полноценный механизм должен объяснять как флуктуации блеска комет так и вспышки блеска большой амплитуды.

Так как родительские молекулы более сложны, чем светящиеся молекулы, состоящие из двух-трех атомов, можно предположить, что энергия их разрушения меньше, чем дочерних, и разрушаются они под воздействием более длинноволнового излучения. В работе [13] перечислен целый ряд возможных родительских молекул, которые разрушаются под действием излучения в диапазоне длин волн $\lambda = 150...300$ нм, а в работе [4] показано, что вероятность фоторазрушения кометных радикалов отлична от нуля в области спектра с длинами волн, меньшими L .

Как уже говорилось, разрушение молекулы может происходить как путем ионизации, так и путем диссоциации под действием лучевого и корпускулярного излучения Солнца. Ограничимся рассмотрением влияния на молекулы кометной атмосферы только лучевой радиации Солнца. В этом случае вероятность фоторазрушения молекулы может быть записана в виде [4]

$$\frac{cu}{h}(\sigma_d + \sigma_i)d, \quad (2)$$

где σ_d и σ_i — эффективные сечения ионизации и диссоциации, c — скорость света, h — постоянная Планка, u — плотность падающего на молекулу излучения частотой ν . Так как $\nu = 1/\lambda$, то изменения λ ведут к изменению ν , а согласно (1) — и к изменению блеска кометы.

В выражении (2) только u есть функцией времени, следовательно, изменение λ будут вызываться изменением u . Поскольку σ_d и σ_i для родительских и дочерних молекул отличны от нуля в разных участках спектра, то согласно (2) вероятность разрушения этих молекул в одних и тех же спектральных областях будет различной. Величина этого различия может изменяться в широких пределах, если в атмосфере кометы или в пространстве между кометой и Солнцем находится слой вещества, селективно поглощающего излучение. На возможность такого поглощения указывалось в работах [3, 6, 7]. После открытия водородных атмосфер комет не вызывает сомнения тот факт, что источником поглощения падающего УФ-излучения являются нейтральные атомы водорода. Согласно [11] коэффициент поглощения падающего излучения в данной частоте равен

$$n_e n \frac{16^2 e^6 k T_e^{-3}}{s \sqrt{3} c h (2 m k T_e)^{3/2}} \cdot 2 \frac{1}{k T_e} \frac{g_i}{i^3} \exp \left(-\frac{i}{k T_e} \right) g \cdot 1 \exp \left(-\frac{h}{k T_e} \right), \quad (3)$$

где n_e, n — концентрация электронов и ионов водорода, k — постоянная Больцмана, e, m — заряд и масса электрона, T_e — электронная температура, ϕ_i — потенциал ионизации атома водорода с i -го уровня, g_i, g — факторы Гаунта, не сильно отличающиеся от единицы, $i_0 = 1$ для серии Лаймана, $i_0 = 2$ для серии Бальмера и так далее. Подставляя в (3) численные значения, получим, что $(\phi_i < L) \gg (\phi_i > L)$, при тех же температурах до 10^4 К. Следовательно, водородная атмосфера кометы оптически прозрачна для излучения с $\lambda > L$, и потому вероятность фоторазрушения родительских молекул в головах комет должна изменяться незначительно, поскольку незначительно изменяется плотность ультрафиолетового излучения Солнца. В тоже время вероятность разрушения дочерних молекул может изменяться в широких пределах, так как приходящее в центральную область водородной головы кометы излучение с $\lambda < L$ может испытывать изменяющееся во времени сильное поглощение. Поэтому будем рассматривать влияние излучения с $\lambda < L$ только на дочерние молекулы.

Если в головах комет электронные температуры не превышают нескольких тысяч кельвин, выражение (3) упрощается, так как в этом случае

$$\exp \frac{h\nu}{kT_e} \ll 1, \exp \frac{h\nu}{kT_e} \gg \exp \frac{h\nu}{kT_e} \gg \dots \gg 1,$$

а значит, выражение (3) в предположении квазинейтральности водородной головы кометы ($n_e = n$) примет вид

$$9.79 \cdot 10^{13} \cdot n_e^2 T_e^{3/2} \exp(157805 / T_e) \quad (4)$$

Здесь использованы численные значения физических констант [1]: $h\nu_1 = 2.179 \cdot 10^{-18}$ Дж, $g_1 = 0.84$.

Для того чтобы определить оптический путь излучения, приходящего от Солнца в некоторую точку головы кометы, необходимо (4) проинтегрировать по расстоянию, которое оно проходит в водородной голове кометы. С этой целью используем сферические кометоцентрические координаты (r, θ, ϕ) с осью, направленной к Солнцу, а также примем, что голова кометы имеет цилиндрическую симметрию относительно радиуса-вектора кометы. Так как гелиоцентрическое расстояние кометы намного больше размеров Солнца и головы кометы, то будем считать, что на комету падает параллельный пучок лучей. В результате получаем

$$9.79 \cdot 10^{13} \cdot n_e^2 T_e^{3/2} \exp(157805 / T_e) d = \int_0^{\sqrt{R^2 - r^2 \sin^2 \theta}} \dots \cos \theta \dots = A(r, \theta, \phi)^3, \quad (5)$$

где R — радиус водородной головы кометы. Теперь (2) можно представить в виде

$$n_e(\theta, \varphi, \nu) = W \frac{c}{h} (\nu_d + \nu_i) u^0 \exp(-A(\nu, \theta, \varphi) \nu^3) \frac{d\nu}{\nu^3}, \quad (6)$$

где W — коэффициент дилуции солнечного излучения, u^0 — плотность излучения на поверхности Солнца.

Предположим, что $\nu_d + \nu_i$ отличны от нуля только в области частот между некоторыми ν_1 и ν_2 . В интеграле (6) заменим $\nu_d + \nu_i$ и u^0 на их средние значения в указанной области частот. В результате получим

$$n_e(\theta, \varphi, \nu) = W \frac{c}{h} \overline{(\nu_d + \nu_i)} \overline{u^0} \frac{d\nu}{\nu^3} \exp(-A(\nu, \theta, \varphi) \nu^3) \\ BW = 1 \frac{\overline{u^0} \overline{(\nu_d + \nu_i)} \int_{\nu_1}^{\nu_2} A(\nu, \theta, \varphi) \nu^3 d\nu}{3 \ln(\nu_2 / \nu_1)}, \quad (7)$$

где $B = \frac{c}{h} \overline{u^0} \overline{(\nu_d + \nu_i)} \ln(\nu_2 / \nu_1)$.

Таким образом, выражение (7) описывает (при наличии поглощения) зависимость вероятности исчезновения светящихся молекул в голове кометы от кометоцентрических координат. При наземных фотометрических наблюдениях регистрируется излучение от кометы в видимом диапазоне спектра, причём наблюдающийся радиус R_0 головы кометы намного меньше радиуса ее водородной атмосферы. Под временем жизни светящихся молекул условимся принимать их среднее значение в наблюдаемой области головы кометы. Поэтому выражение (7) для n_e нужно усреднить по всей наблюдаемой голове кометы:

$$\overline{n_e} = \frac{\int_0^{R_0} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi n_e(\theta, \varphi, \nu) \sin \theta d\theta d\varphi dR}{\int_0^{R_0} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \sin \theta d\theta d\varphi dR} = \\ = BW = 1 \frac{\int_0^{R_0} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \frac{\overline{u^0} \overline{(\nu_d + \nu_i)} \int_{\nu_1}^{\nu_2} A(\nu, \theta, \varphi) \nu^3 d\nu}{3 \ln(\nu_2 / \nu_1)} \sin \theta d\theta d\varphi dR}{4 R_0^3 \ln(\nu_2 / \nu_1)}. \quad (8)$$

Так как в (8) зависимости n_e и T_e от кометоцентрических координат неизвестны, то для оценки примем их средние значения в голове кометы. После интегрирования (8) получим

$$\overline{n_e} = BW(1 - RS(\overline{n_e}, \overline{T_e})), \quad (9)$$

где $S(\overline{n_e}, \overline{T_e}) = 524 \cdot 10^{34} \overline{n_e}^2 \overline{T_e}^{3/2} \exp(157805 / \overline{T_e})$. При интегрировании мы воспользовались соотношением $R = R_0$, и для оценки приняли $\nu_1 = 3 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$, $\nu_2 = 3 \cdot 10^{16} \text{ c}^{-1}$. С учётом (9) выражение (1) перепишем в виде

$$I = \frac{KQ}{2BW(1 - RS(\bar{n}_e, \bar{T}_e))}. \quad (10)$$

Пусть яркость кометы в моменты времени t и t' будет равна I и I' соответственно. Тогда изменение блеска кометы за промежуток времени $t' - t$ составит

$$m = 2.5 \lg \frac{I}{I'} = 2.5 \lg \frac{Q}{Q'} - 5 \lg \frac{W}{W'} + 2.5 \lg \frac{1 - RS(\bar{n}_e, \bar{T}_e)'}{1 - RS(\bar{n}_e, \bar{T}_e)}. \quad (11)$$

Поскольку рассматривается механизм вспышек блеска комет, который не использует быстрое увеличение Q , то $Q = Q'$. С другой стороны, временной интервал развития вспышки света составляет несколько суток, а значит $W = W'$. Поэтому из (11) следует, что к возрастанию блеска кометы может приводить только изменение последнего слагаемого в (11). А это, в свою очередь, возможно, если

$$а) RS(\bar{n}_e, \bar{T}_e) \gg 1, \quad б) RS(\bar{n}_e, \bar{T}_e) < 1, \quad (12)$$

то есть при наличии поглощения УФ-излучения Солнца в водородной голове кометы. Случай а) находится в противоречии с выражением (9), так как вероятность разрушения молекулы не может быть отрицательной величиной. В то же время расчеты показывают, что случай б) вполне может осуществиться при $T_e = 2900...4200$ К (рис. 1), так как $R = 10^{11}...10^{12}$ см, $n_e > 100$ см⁻³ (по данным измерений электронной концентрации в голове кометы Галлея аппаратами ВЕГА [16]). В этом случае выражение (11) принимает вид

$$m = 2.5 \lg \frac{Q}{Q'} - 5 \lg \frac{W}{W'} + 1.086 R S \left[1 - \frac{R n_e^2}{R n_e^2} \frac{T_e''}{T_e} \right]^{3/2} \exp 157805 \frac{1}{T_e} - \frac{1}{T_e'}. \quad (13)$$

Здесь n_e и T_e — средние величины. Анализ выражения (13) показывает, что к явлению вспышки блеска кометы на 5^m необходимо из-

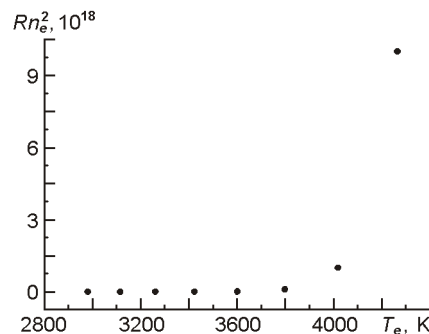


Рис. 1. Значения электронной температуры в водородной голове кометы для разных значений Rn_e^2 (при $RS(\bar{n}_e, \bar{T}_e) < 1$)

менение газопродуктивности на два порядка, а электронной температуры — всего на 100...200 К, причем чем ниже начальная температура, тем меньшие её изменения вызовут подобные вспышки блеска. Следует отметить, что увеличение первоначальной температуры ведет к увеличению блеска кометы, а ее уменьшение — к уменьшению блеска.

Как отмечалось, выражение (13) имеет смысл только в том случае, если электронная температура в голове кометы составляет 2900...4200 К. Немногочисленные наблюдения дают весьма противоречивые значения: от 300 до 20000 К [10]. Верхнюю границу электронной температуры можно снизить, если предположить, что механизмом нагрева водородной головы кометы может служить механизм нагрева планетарных туманностей. Действительно, анализируя данные [1, 11] об электронных температурах газовых оболочек планетарных туманностей и температурах их центральных звёзд, можно видеть четкую линейную зависимость (рис. 2). Аппроксимируя эту зависимость на эффективную температуру Солнца 5770 К [1]), получим, что в голове кометы электронная температура должна быть порядка 2900 К.

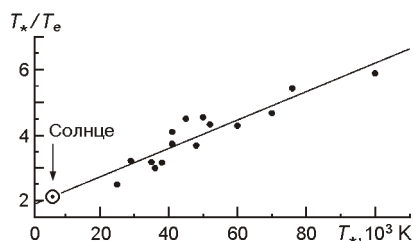


Рис. 2. Зависимость электронных температур T_e газовых оболочек планетарных туманностей от температур T_* их центральных звёзд

С другой стороны, имеется ряд работ, в которых определялись кинетические температуры молекул нейтрального газа в головах комет. Так, в работе [3] для ряда комет получены значения кинетических температур радикалов CN и C_2 в пределах от 1100 до 3150 К; в работе [12] получены температуры в голове кометы Абе для молекул: CN — 1100...1400 К; C_2 — 330...600 К; C_3 — 500 К; в работе [9] для «вращательной» температуры молекул CN в голове кометы Беннета было получено значение 600...1200 К и установлено, что изменения «вращательной» температуры повторяют изменения блеска кометы [5]. Эти данные косвенно указывают на нижнюю границу электронной температуры. Таким образом, с большой долей вероятности можно утверждать, что при определенных внутренних процессах и внешних воздействиях в голове кометы может выполняться условие (12б).

В рамках предположения идентичности физических процессов, происходящих в водородных головах комет и планетарных туманностях, можно связать плотность электронов в водородной голове кометы с эффективной температурой T_* освещающей звезды [11]. В частности, для Солнца получим

$$\frac{n_e n}{n_1} = \frac{g}{g_1} p W \sqrt{\frac{T_e}{T_*}} \frac{2(2 mkT_*)^{3/2}}{h^3} \exp \left(-\frac{1}{kT_*} \right), \quad (14)$$

где n_1 — плотность атомов водорода в основном состоянии; g, g_1 — статистические веса; p — доля захватов на первый уровень. Учитывая, что согласно [1] $g/g_1 = 1/2, p = 1/2, T_* = 5770$ К; а согласно [13] $n_e = 100 \text{ см}^{-3}$, для температур $T_e = 2900...4200$ К из выражения (14) получаем $n^+/n_1 = 0.004...0.005$. Таким образом, в выражении (14) n_1 можно заменить на концентрацию n нейтральных атомов водорода, $n_e = n^+$ (принятая ранее квазинейтральность), и следовательно, (14) переписывается в виде

$$\frac{n_e}{n} = \frac{n^+}{n} \frac{W}{W} \sqrt{\frac{T_e}{T_*}}. \quad (15)$$

Подставляя (15) в (13), окончательно получаем

$$m = 2.5 \lg \frac{Q}{Q} - 5 \lg \frac{r}{r} - 5 \lg \frac{r}{r} - 1.086 R S \left[1 - \frac{R n r^2 T_e}{R n r^2 T_e} \exp 157805 \frac{T_e}{T_e} \frac{T_e}{T_e} \right]. \quad (16)$$

Здесь учтено, что $W = (r_*/r)^2 / 4$, где r_* — радиус освещающей звезды (обычно для большинства комет $r_* \ll r$). Согласно [2] время развития вспышки блеска кометы составляет 4...14 сут, поэтому второе и третье слагаемые в (16) могут вызвать только регулярные изменения блеска из-за незначительного изменения r и r_* за это время. В то же время в некоторых случаях можно ожидать, что $r \propto t^4$. Следует отметить, что в [6] для молекул CN в голове кометы Когоутека 1973XII получено $r \propto t^{3.9}$. Таким образом, для вспышки блеска кометы, вызванного быстрым изменением времени жизни светящихся молекул, имеем

$$m(t) = 1.086 R S \left[1 - \frac{T_e}{T_e} \exp 157805 \frac{T_e}{T_e(T_e - T_e)} \right]. \quad (17)$$

Нейтральный водород в голове кометы образуется в результате диссоциации молекул воды, которые испаряются из ледяного ядра кометы, поэтому изменения концентрации нейтрального водорода должны повторять изменения производительности молекул воды её ядром, но, как следует из выражения (16), значительных вариаций блеска в этом случае ожидать не следует, так как производительность молекул воды ядром кометы носит регулярный характер [17]. На рис. 3 приведен график зависимости изменений блеска комет m от изменений электронной температуры в головах комет, построенный по формуле (17). Видно, что увеличение первоначальной электронной

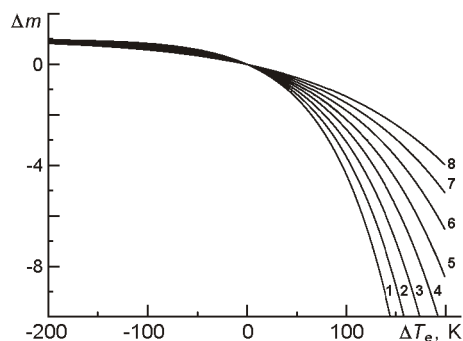


Рис. 3. Зависимость изменений блеска m комет от изменений T_e электронной температуры в головах комет. Кривые 1—8 — для значений $T_e = 2981, 3115, 3261, 3423, 3600, 3798, 4018, 4265$ К соответственно

температуры на 150...200 К может привести к значительной вспышке блеска кометы, а её уменьшение — к уменьшению блеска.

Причиной колебаний электронной температуры в водородной голове кометы является, по-видимому, изменение физических условий в межпланетном пространстве. Многие исследователи указывают на связь между блеском комет и физическими условиями в межпланетной среде. Так, в работе [8] статистически исследовалась зависимость блеска кометы от ее положения в пределах секторной структуры межпланетного магнитного поля. Было обнаружено, что пересечение границы приводит к возникновению флуктуаций блеска кометы. Пересечения границы и высокоскоростного потока солнечного ветра приводят также к вспышкам блеска. Поскольку в пределах сектора межпланетного магнитного поля физические параметры (скорость солнечного ветра, температура, концентрация частиц и др.) закономерно изменяются, то как концентрация электронов, так и электронная температура в голове кометы будут также изменяться, что в итоге будет приводить к колебаниям блеска кометы [8]. С другой стороны, изменение параметров солнечного ветра на различных гелиоцентрических широтах является следствием наличия на Солнце разнообразных активных образований, что, в конце концов, приводит к корреляции флуктуаций блеска и вспышечной активности кометы с солнечной активностью, что и отмечается большинством исследований.

ВЫВОДЫ

Предложен качественно новый механизм вспышек блеска комет в эмиссионных полосах, который базируется на селективном поглощении водородной головой кометы падающего УФ-излучения Солнца, что приводит к различному воздействию этого излучения на родительские и дочерние молекулы в околоядерной области головы кометы. В результате могут возникать такие физические условия, которые приводят к вспышкам блеска комет. В свою очередь, эти физические условия зависят от солнечной активности, что в конечном итоге даёт наблюдаемую зависимость вариаций блеска комет от условий в межпланетной среде.

1. Аллен К. У. Астрофизические величины. — М.: Мир, 1977.—448 с.
2. Андриенко Д. А., Ващенко В. Н. Кометы и корпускулярное излучение Солнца. — М.: Наука, 1981.—164 с.
3. Гнедин Ю. Н., Долгинов А. З., Новиков Г. Г. Физические процессы в голове кометы // Астрон. журн.—1970.—47, № 4.—С. 870—874.
4. Добровольский О. В. Кометы. — М.: Наука, 1966.—288 с.
5. Добровольский О. В., Мамадов О. Спектральные исследования кометы Беннета 1970 II (1969i) // Докл. АН Тадж. ССР.—1972.—15, № 4.—С. 14—17.
6. Кравцов Ф. И. Поверхностная фотометрия и физические условия в голове кометы Когоутек, 1973 XII. — Киев: Киев. ун-т, 1987.—60 с.—(Деп. В УкрНИИНТИ, 12.10.87, № 2870-Ук.87).
7. Кравцов Ф. И. Поверхностная фотометрия и физические условия в голове кометы Кобаяши — Бергер — Милон, 1975 IX. — Киев: Киев. ун-т., 1988.—84 с.—(Деп. в УкрНИИНТИ, 04.01.88, № 41-Ук.88).
8. Лук'яник І. В. Щодо зв'язку між спалахами блиску комет та показниками активності Сонця в межах секторів секторної структури ММП // Вісн. Київ. ун-та. Астрономія.—2000.—Вип. 36.—С. 52—55.
9. Мамадов О. О вращательной температуре CN в комете Беннета 1970 II // Пробл. космич. физики.—1983.—Вып. 18.—С. 87—91.
10. Михайлов Ю. М. Измерения низкочастотных электрических и магнитных полей в окрестности комет // Магнитосферные исследования.—1986.—№ 5.—С. 46—53.
11. Соболев В. В. Курс теоретической астрофизики. — М.: Наука, 1967.—528 с.
12. Чурюмов К. И., Кравцов Ф. И. Физические условия в голове кометы Абе 1970g // Пробл. космич. физики.—1976.—Вып. 11.—С. 126—131.
13. Шульман Л. М. Ядра комет. — М.: Наука, 1987.—232 с.
14. Bertaux J. L., Blamont J. E., Festou M. Interpretation of hydrogen Lyman-alpha observations of comets Bennett and Encke // Astron. and Astrophys.—1973.—25.—P. 415—430.
15. Blamont J., Festou M. Note aux comptes rendus de L'Academie des Sciences Session of January 28, 1974.
16. Grard R., Pedersen A., Trotignon J.-G., et al. Observations of waves and plasma in environment of comet Halley // Nature.—1986.—321, N 6067.—P. 290—291.
17. Weaver H. A., Feldman P. D., Festou M. C., et al. Water production models for comet Bradfield (1979 X) // Astrophys. J.—1981.—251, Part 1.—P. 809—819.

Поступила в редакцию 06.05.09